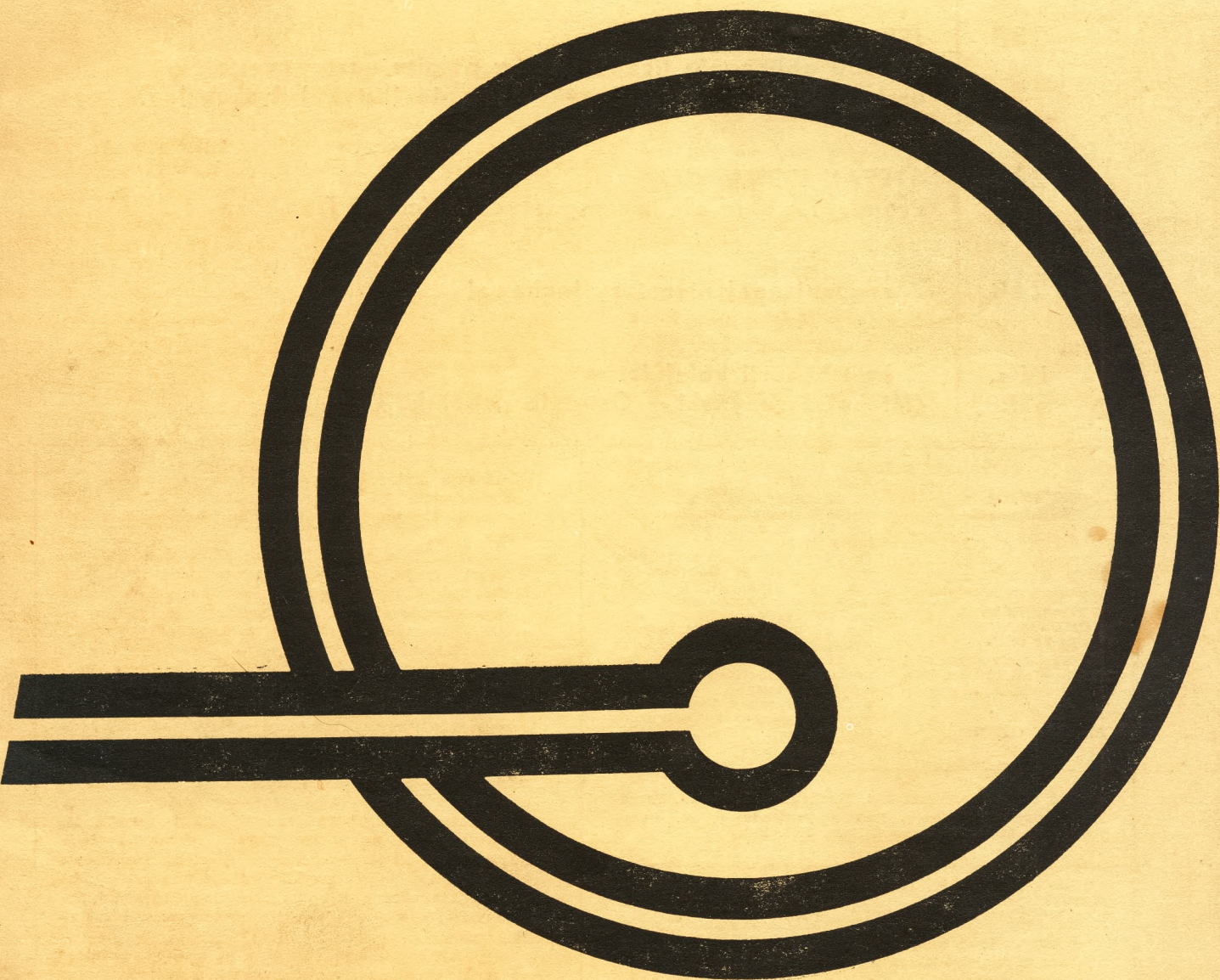


**11** **1986**  
**listopad**

# **AUTOMATYKA KOLEJOWA**

**STEROWANIE RUCHEM. ŁĄCZNOŚĆ.  
INFORMATYKA**

PL ISSN 0137-2858



**PKP**



## SPIS TREŚCI

- 225**     **JERZY JESIONEK**  
Eksploatacja i utrzymanie radarowego sterowania  
hamulcami torowymi (SHT)
- 228**     **STANISŁAW GÓRAS, JAN MICHALIK**  
Uwagi dotyczące modernizacji stacji rozrządowych  
na przykładzie budowy urządzeń ASR na stacji  
Tarnowskie Góry
- 235**     **JERZY KOŚNIK**  
Badanie parametrów radiotelefonów sieci łączności  
pociągowej
- 238**     **JERZY MACHAJSKI**  
Metoda obliczania liczby stanów pulpitu nastawczego  
usrk systemu E oraz jej wykorzystanie (artykuł dyskusyjny)
- 243**     **STEFAN KONARSKI**  
Promieniowanie elektromagnetyczne (część I)
- 248**     **Z zagranicznej literatury fachowej**
- IV s.**     **Z kart historii kolejnictwa**  
**okł.**     **(Michał Jerczyński — Ostatnie „choinki”)**



Wydawca:  
**WYDAWNICTWA  
KOMUNIKACJI  
I ŁĄCZNOŚCI**  
ul. Kazimierzowska 52  
02-546 WARSZAWA

PL ISSN 0137-2858

### REDAKCJA

ul. Kazimierzowska 52,  
02-546 Warszawa, tel. 49-91-78  
lub 49-27-51 wew. 293;  
kolej. 16-60  
Redaguje kolegium w składzie:  
prof. dr hab. M. Dąbrowa-Ba-  
jon, mgr inż. N. Gruchała  
(z-ca red. naczelnego), mgr  
inż. Stanisław Góras, mgr  
inż. Z. Mościcki (red. naczeln-  
ny), dr inż. J. Suchodolski, dr  
R. Matys, D. Kaczmarek (se-  
kretarz redakcji), st. korektor  
Anna Przybysz  
przy współpracy Stowarzysze-  
nia Inżynierów i Techników  
Komunikacji

Skonował: Artur Palka

Nakład 1860 egz. format A-4, Drukarnia Kolejowa, Przed-  
siębiorstwo Państwowe, Zakład Prowadzący, ul. Feliń-  
skiego 2a, 01-513 Warszawa. Zam. 3763. P-72.

### Warunki prenumeraty:

- dla osób prawnych — instytucji i zakładów pracy:
  - instytucje i zakłady pracy zlokalizowane w mia-  
stach wojewódzkich i pozostałych miast, w któ-  
rych znajdują się siedziby Oddziałów RSW „Pra-  
sa — Książka — Ruch” zamawiają prenumeratę w  
tych oddziałach;
  - instytucje i zakłady pracy zlokalizowane w miej-  
scowościach, gdzie nie ma Oddziałów RSW „Pra-  
sa — Książka — Ruch” i na terenach wiejskich

opłacają prenumeratę w urzędach pocztowych i u  
doręczycieli.

- dla osób fizycznych — indywidualnych prenumera-  
torów:

- osoby fizyczne zamieszkałe w wsi i w miejscowo-  
ściach, gdzie nie ma Oddziałów RSW „Prasa —  
Książka — Ruch” opłacają prenumeratę w urzę-  
dach pocztowych i u doręczycieli;
- osoby fizyczne zamieszkałe w miastach — siedzi-  
bach Oddziałów RSW „Prasa — Książka — Ruch”,  
opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach poczt-  
owych nadawczo-oddawczych właściwych dla  
miejsc zamieszkania prenumeratora. Wpłaty do-  
konują używając „blankietu wpłaty” na rachunek  
bankowy miejscowego Oddziału RSW „Prasa —  
Książka — Ruch”.

- Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przy-  
jmuje RSW „Prasa — Książka — Ruch”, Centrala  
Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28,  
00-958 Warszawa, konto NBP XV Oddział w Warszawie  
Nr 1153-201045-139-11. Prenumerata ze zleceniem wysył-  
ki za granicę pocztą zwykłą jest droższa od prenu-  
meraty krajowej o 50% dla zlecających instytucji i zakła-  
dów pracy.

### Terminy przyjmowania prenumeraty na kraj i za granicę:

- od dnia 10 listopada na I kwartał, I półrocze roku  
następnego oraz cały rok następny,
- do dnia 1 każdego miesiąca poprzedzającego okres  
prenumeraty roku bieżącego.

Cena prenumeraty: rocznej — zł 600, półrocznej — zł 300,  
kwartalnej — zł 150.



# AUTOMATYKA KOLEJOWA



MIESIĘCZNIK TECHNICZNO-GOSPODARCZY

ROK IX (XXXIII)

Nr 11 • LISTOPAD • 1986

JERZY JESIONEK  
TCA Lublin Tatary

## Eksplatacja i utrzymanie radarowego sterowania hamulcami torowymi (SHT)

Urządzenia SHT na stacji Lublin-Tatary zostały przekazane do eksploatacji 18 lutego 1985 roku. Urządzenia te są przeznaczone do sterowania hamulcami torowymi na górkach rozrządowych według kryterium zadanej prędkości wyjazdu odpręgów z hamulców odstępowych i kierunkowych.

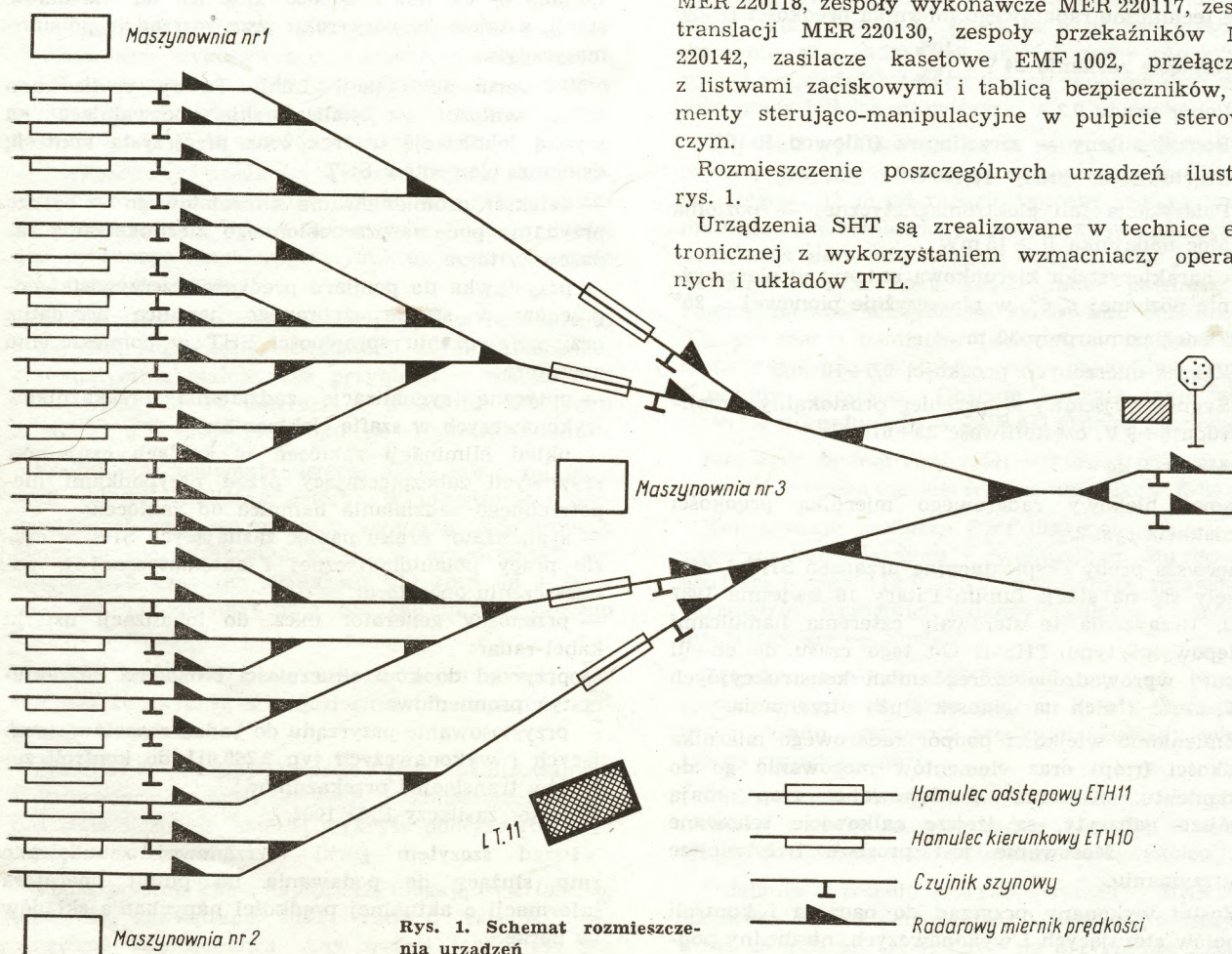
Urządzenia SHT mogą pracować autonomicznie — bez sprzężenia z mikroprocesorowym systemem auto-

matycznego sterowania hamulcami, jak również współpracować z systemem automatycznego sterowania hamulcami torowymi.

W skład SHT wchodzi urządzenia zewnętrzne: radarowe mierniki prędkości IP-60 (rmp) i czujniki szynowe ELS-3011 oraz wewnętrzne: szafa elektroniki stacyjnej EDS-141, w której są zainstalowane kasety elektroniczne ECH 271 zawierające zespoły sterujące MER 220118, zespoły wykonawcze MER 220117, zespoły translacji MER 220130, zespoły przekaźników MER 220142, zasilacze kasetowe EMF 1002, przełącznica z listwami zaciskowymi i tablicą bezpieczników, elementy sterująco-manipulacyjne w pulpicie sterowniczym.

Rozmieszczenie poszczególnych urządzeń ilustruje rys. 1.

Urządzenia SHT są zrealizowane w technice elektronicznej z wykorzystaniem wzmacniaczy operacyjnych i układów TTL.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia urządzeń



### Podstawowe parametry SHT

1. Typ sterowanego hamulca:  
odstępowy ETH11      kierunkowy ETH10
2. Liczba hamulców sterowanych  
4      24
3. Zakres regulacji prędkości  
4—6 m/s skokowo      i—3 m/s skokowo  
co 1 m/s      co 0,5 m/s
4. Rodzaj pracy: a) półautomatyczna  
b) automatyczna  
mikroprocesor      mikroprocesor  
TATARY      HAD-24
5. Bezpieczna prędkość wyjazdu      5,0 m/s      1,5 m/s
6. Wypprzedzenie sygnału luzowania hamulca: regulowane w zależności od czasu reakcji hamulca torowego  $T_1 = 0,4 — 1,0$  s co 0,2 s
7. Sposób pomiaru prędkości — radar — częstotliwość 10,4 GHz
8. Lokalizacja radarowego miernika prędkości — w torze przed hamulcem
9. Zasilanie      220 V  $\begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix}$       50 Hz,      24 V =  $\begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix}$
10. Pobór mocy ok. 20 VA/hamulec
11. Wytrzymałość elektryczna izolacji (do obudowy) 2000 V
12. Warunki pracy —  
urządzenia zewnętrzne      233—343 K ( $-40^{\circ} — +70^{\circ}$  C)  
urządzenia wewnętrzne      273—323 K ( $0^{\circ} — +50^{\circ}$  C)

Dane techniczne radarowego miernika prędkości IP-60:

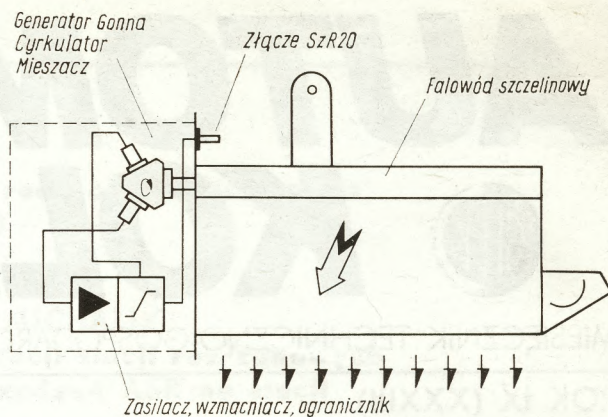
1. Napięcie zasilania 24 V  $\begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix}$
2. Pobór prądu 0,3 A
3. Rodzaj anteny — szczelinowa (falowód R-100)
4. Częstotliwość pracy 10,400 GHz  $\pm 50$  MHz
5. Polaryzacja fali elektromagnetycznej — pozioma
6. Moc nadajnika  $P \geq 15$  mW
7. Charakterystyka kierunkowa anteny: w płaszczyźnie poziomej  $\leq 6^\circ$ , w płaszczyźnie pionowej  $\leq 20^\circ$
8. Zasięg pomiarowy 30 m
9. Zakres mierzonych prędkości 0,5÷10 m/s
10. Sygnał wyjściowy — przebieg prostokątny, amplituda 6÷9 V, częstotliwość 33÷670 Hz
11. Masa 11 kg

Schemat blokowy radarowego miernika prędkości przedstawia rys. 2.

Pierwsze próby eksploatacyjne urządzeń SHT-1 rozpoczęły się na stacji Lublin-Tatary 16 kwietnia 1982 roku. Urządzenia te sterowały czterema hamulcami odstępowymi typu THS-1. Od tego czasu do chwili obecnej wprowadzono szereg zmian konstrukcyjnych SHT, część z nich na wniosek służb utrzymania.

— Zmieniono wielkości podpór radarowego miernika prędkości (rmp) oraz elementów mocowania go do fundamentu. Obecnie produkowane rmp mają mniejsze gabaryty, są lżejsze całkowicie schowane pod osłoną. Mocowanie jest prostsze i łatwiejsze w utrzymaniu.

— Został wykonany przyrząd do badania i kontroli zespołów sterujących i wykonawczych, niezbędny pod-



**Rys. 2. Schemat blokowy radarowego miernika prędkości**

czas uruchamiania SHT, wykonywania napraw i konserwacji zespołów.

— W zespołach sterujących MER-220118 są montowane gniazda pomiarowo-testowe współpracujące z testem SHT typ EZK-2014 służące do lokalizacji usterek SHT, sprawdzania działania bez konieczności demontażu zespołów i stosowania pakietów przejściowych.

— ZWUS produkuje testery radarowych mierników prędkości typ EZK-2016 służące do szybkiej kontroli radarów w warunkach warsztatowych.

— ZWUS w miejsce produkowanych dotychczas zespołów sterujących MER 220118 wprowadza kompatybilny zespół MER 220149, który zawiera pamięć EPROM 2716. Nowy zespół umożliwia zaprogramowanie dowolnych zadanych prędkości w zakresie od 1,0 m/s — 8,0 m/s i dopasowanie ich do warunków stacji, a także do pory roku przy rozrządzie półautomatycznym.

W warunkach stacji Lublin-Tatary realizowano także wnioski racjonalizatorskie, pozwalające na szybką lokalizację usterek oraz przejrzystą kontrolę działania elementów SHT:

— detektor promieniowania mikrofalowego — bardzo przydatny podczas pracochłonnego kierunkowania radarów w torze;

— przystawka do pomiaru prędkości rzeczywistej odpręgów w strefie wybranego hamulca przydatna przy sprawdzaniu sprawności SHT w pomieszczeniu operatora;

- optyczną sygnalizację zadziałania przekaźników wykonawczych w szafie elektroniki;

— układ eliminacji zakłóceń w kablach czujników szynowych zabezpieczający przed przypadkami niepotrzebnego zadziałania hamulca od zakłóceń;

— sygnalizator braku napięć zasilających SHT w czasie pracy półautomatycznej i automatycznej w pomieszczeniu operatora;

— przenośny generator m.cz. do lokalizacji usterek  
kabel-radar;

— przyrząd do kontroli czułości i badania charakterystyk promieniowania rmp;

— przystosowanie przyrządu do badań zespołów sterujących i wykonawczych typ 2.269.011 do kontroli zespołów translacji i przekładników;

— tester zasilaczy EMF 1002.

Przed szczytem górkę rozrządowej zabudowano rmp służący do podawania na pulpit operatora informacji o aktualnej prędkości napychania składów na górkę.



Wszelkie zmiany i udoskonalenia w urządzeniach SHT mają na celu maksymalne skrócenie czasu lokalizacji i usuwania usterek oraz wykonywania napraw uszkodzonych elementów SHT w warsztacie. Od momentu przekazania urządzeń SHT do eksploatacji do dnia 30 maja 1986 roku zanotowano i usunięto 70 usterek:

- 23 usterek radarów polegające na zmniejszeniu zasięgu pracy lub całkowitej przerwie w pracy spowodowane złą jakością elementów użytych do produkcji, całkowitym zniszczeniu radaru lub częściowym uszkodzeniu przez wykolejony tabor;

- 13 usterek czujników szynowych polegających na termicznym odkształceniu wkładów herkonowych, zniszczeniem głowicy czujnika przez tabor, przerwy na kablu zasilającym przy puszcze IVA;

- 3 usterek zewnętrznej sieci kablowej spowodowane przez gryzonie lub przekraczające wymiary skrajni budowli elementy ładunku;

- 6 usterek elementów sygnalizacji i sterowania znajdujących się w pulpicie zintegrowanym;

- 12 usterek w zasilaczu EMF-1002 z powodu wad materiałowych gniazd bezpiecznikowych GbA, które pod wpływem podwyższonej temperatury odkształcały się powodując brak kontaktu bezpieczników, a tym samym wyłączenia z pracy półautomatycznej 8 hamulców, wad elementów układów stabilizacji i zabezpieczeń zasilaczy spowodowanych niestarannością wykonania i zestrojenia;

- 3 usterek przełącznicy szafy elektroniki polegające na uszkodzeniach bezpieczników zasilania SHT lub radarów;

- 10 usterek zespołów elektronicznych, sterujących przekąźnikami wykonawczych i translacji polegających m.in. na: zwarciu styków kontaktronu przekąźników wykonawczych wadliwej pracy hybrydowych przetworników DAC-45 powodując zadawanie;

- przypadkowej prędkości wyjazdu taboru, elektrycznym uszkodzeniu elementów współpracy SHT z systemem nadrzędnym powodującym zadawanie prędkości dla wybranego hamulca przez mikroprocesor w czasie pracy automatycznej.

Liczba usterek w urządzeniach SHT w porównaniu z okresem rozpoczęcia eksploatacji do chwili obecnej systematycznie maleje. Dla przykładu w marcu 1985 roku wystąpiło 12 usterek, w kwietniu 1986 roku 2 usterek, a w maju 1986 roku nie zanotowano żadnej.

Średni czas usuwania usterek SHT zależy od pory dnia, roku i lokalizacji usterek. W urządzeniach wewnętrznych czas ten razem z wymianą uszkodzonego elementu nie przekracza 0,5 h; w urządzeniach zewnętrznych czas ten waha się dla rmp od 1 h w lecie do 1,5 godziny zimą dla czujnika szynowego 0,5÷1,0 godziny.

W dni wolne od pracy oraz w porze nocnej czas ten jest zwiększony o czas dojścia lub dojazdu montera do urządzeń.

Średnio 30% liczby usterek jest lokalizowanych i usuwanych podczas kontroli i konserwacji SHT, pozostała liczba to usterek wykryte podczas rozrządu i między rozrządami.

Podzespołami, które najczęściej ulegają awariom, są elementy zewnętrzne SHT: radary, czujniki, zewnętrzna sieć kablowa. Aby awarii tych było jak

najmniej, większość czasu poświęconego na konserwację przeznaczamy na pracę przy tych urządzeniach.

Prace konserwacyjne wykonuje się według „Tymczasowych wytycznych zabiegów konserwacyjnych przy utrzymaniu urządzeń radarowego sterowania hamulcami torowymi na stacji Lublin-Tatary”. W instrukcji tej są podane zabiegi konserwacyjne, jakie należy wykonać oraz terminy ich wykonywania.

Konserwacja radarów polega na codziennej kontroli stanu elementów zewnętrznych, usunięciu ewentualnych przeszkód (usypy, śnieg) na drodze „widzenia” radaru.

Zalegający na drodze między radarem a hamulcem śnieg na wysokość powyżej 15 cm powoduje ograniczenie zasięgu pracy radaru do ok. 3 m, co nie wystarcza do właściwego sterowania hamulcem. Śnieg ten należy usunąć z podkładów na odległość 5 m od radaru w stronę hamulca.

Raz w tygodniu należy oczyścić przesłony radaru z zanieczyszczeń (błoto, smar itp.), które ograniczają zasięg radaru.

Raz na 3 miesiące każdy radar jest demontowany z toru i przeglądany na stanowisku pomiarowym po uprzednim usunięciu zanieczyszczeń (kurz i brud) z całej powierzchni.

Jeżeli badany radar ma wymaganą czułość, może być ponownie montowany w torze. Na czas konserwacji radaru w jego miejsce w torze montuje się inny sprawny, aby nie przerywać normalnej pracy górkii rozrządowej. Prace te wykonuje się w tzw. przerwie technologicznej. Po każdym zamontowaniu radar wymaga ukierunkowania. Praca ta musi być wykonana starannie, aby radar nie zakłócał pracy zamontowanych na sąsiednich torach innych radarów oraz zasięg jego pracy był jak największy.

Regulacji tej dokonuje się za pomocą detektora promieniowania mikrofalowego, ustawionego w osi toru w odległości 15 m od radaru, tak aby wiązka maksymalnego promieniowania fal elektromagnetycznych pokrywała się z osią toru, na którym radar jest zabudowany. Raz w roku każdy radar powinien być badany na specjalistycznym stanowisku pomiarowym dla wykonania pomiarów parametrów emisji i dokonania ewentualnych strojeń mocy, częstotliwości pracy i prądów mieszacza. Obecnie badania takie wykonuje się u producenta w ZURAD Ostrów Mazowiecka.

Elementy zewnętrznej sieci kablowej oraz czujniki szynowe konserwuje się według instrukcji E-24.

Konserwacja zasilaczy EMF 1002 polega na comiesięcznym kontrolowaniu i ewentualnym korygowaniu wartości napięć  $\pm 12\text{ V} + 5\text{ V}$ , półrocznym sprawdzeniu parametrów wszystkich układów zasilacza i oczyszczeniu złączy krawędziowych.

Zespoły sterujące MER 220118 raz w miesiącu sprawdza się bez demontażu z kasety kontrolując pracę układu zadawania prędkości i układu włączającego sygnał z radaru.

Raz na kwartał sprawdza się działanie wszystkich układów zespołu na przyrządzie 2.269.011 z ewentualnym strojeniem i czyszczeniem złączy.

Działanie zespołu wykonawczego MER 220117 sprawdza się bez demontażu z kasety raz w miesiącu, a raz na kwartał szczegółowo na przyrządzie 2.269.011.



Zespoły translacji MER 220130 i przekaźników MER 220142 sprawdza się raz na kwartał i oczyszcza złącza.

Raz na kwartał są demontowane wszystkie zespoły z kasety ECH271 i przeprowadza się jej konserwację. Konserwacje urządzeń SHT wykonują pracownicy działki elektroniki TCA Lublin. Na działce są zatrudnione 4 osoby, dwie z wykształceniem wyższym i dwie średnim technicznym. Wszyscy pracownicy zostali przeszkoleni w zakresie budowy, utrzymania i napraw urządzeń SHT na kursie prowadzonym przez pracowników ZWUS Katowice.

Do wykonywania zabiegów konserwacyjnych działka monterska została wyposażona w zestawy narzędzi potrzebnych do demontażu i montażu elementów SHT oraz niezbędne przyrządy pomiarowe: multimetry V640, oscyloskopy ST509A, zasilacze laboratoryjne Z 3020, P 316, Z 5161, mostek RLC, E 307, genera-

tory G 430 i PW 11, przyrząd do badań i kontroli 2.269.0111 produkcji ZWUS, analizator stanów logicznych TTL, częstotliwościomierz-czasomierz PFL22.

Do kompletu przyrządów pomiarowych brakuje mierników mocy na pasmo x oraz częstotliwościomierza na pasmo x niezbędnych do strojenia elementów mikrofalowych radarów.

Ponadroczny okres eksploatacji SHT potwierdza przydatność jego w procesie półautomatycznego i automatycznego rozrządzania wagonów. Urządzenia te stanowią dużą pomoc personelowi obsługującemu hamulce torowe odstępowe i umożliwiają sterowanie hamulcami kierunkowymi z odległości dzięki zwiększeniu dokładności hamowania rozrządzonych odpręgów.

Przyczynia się to przede wszystkim do zwiększenia bezpieczeństwa pracy na górcie i zmniejszenia liczby uszkodzonych wagonów.

mgr inż. STANISŁAW GÓRAS  
inż. JAN MICHAŁIK

T.SI. DOKP

## Uwagi dotyczące modernizacji stacji rozrządowych na przykładzie budowy urządzeń ASR na stacji Tarnowskie Góry

W czerwcu br. na stacji Tarnowskie Góry przekazano do eksploatacji zmodernizowany trzygrupowy układ rozrządowy. Rejon górci rozrządowej wyposażono w typowy zestaw urządzeń ASR, uruchamiając go na poziomie półautomatyki.

W 1987 r. zostanie zabudowany system HAD do automatycznego sterowania 32 hamulcami ETH 10 oraz system nadrzędny do sterowania zwrotnicami w strefie podziałowej i hamulcami ETH 11.

Całość urządzeń ASR zostanie powiązana z budowanymi obecnie urządzeniami systemu kierowania pracą stacji (SKPS).

Stacja Tarnowskie Góry jest trzecią i obecnie największą stacją wyposażoną w urządzenia ASR. W trakcie jej projektowania i budowy skorzystano z doświadczeń wyniesionych z eksploatowanych już na PKP obiektów tego typu. Stąd też zastosowano nowe technologie w wykonaniu podtorza poprawiając jego stabilność oraz nowe rozwiązania techniczne niektórych elementów urządzeń ASR, będące próbą usunięcia mankamentów technicznych i eksploatacyjnych urządzeń już eksploatowanych.

Oceny eksploatacyjnej urządzeń zainstalowanych na stacji będzie można dokonać nie wcześniej niż po kilku miesiącach ich pracy. Pomocne w tym będą dane uzyskane w trakcie badań niezawodnościowych poszczególnych podsystemów urządzeń ASR.

Wyniki z badań niezawodnościowych i eksploatacyjnych, zgodnie z przyjętymi w resorcie założeniami, mają kierunkować prace badawcze i konstrukcyjne dla uzyskania docelowo optymalnych dla PKP urządzeń.

Podobny cel, aczkolwiek w mniejszej skali, założyli sobie autorzy niniejszego artykułu. Treścią artykułu są uwagi dotyczące okresu budowy stacji rozrządowej ze szczególnym uwzględnieniem montażu urządzeń ASR, a zwłaszcza ich rozruchu. Uwagi te, spisane „na gorąco”, bezpośrednio po przekazaniu urządzeń do eksploatacji, mogą być przydatne dla szerokiego grona pracowników uczestniczących w realizacji resortowego programu modernizacji stacji rozrządowych.

Budowa urządzeń ASR, przynajmniej na obecnym etapie, jest przedsięwzięciem bardzo kosztownym i technicznie skomplikowanym. Stąd też istotne jest, aby wydane na ich realizację środki dały w wyniku końcowym lepsze rezultaty w postaci bardziej niezawodnych i sprawniejszych pod względem eksploatacyjnym i utrzymaniowym urządzeń.

### 1. Rozwiązania techniczne

Jak wspomniano we wstępie, górcę rozrządową wyposażono w typowy zestaw urządzeń ASR. Poszczególne elementy urządzeń i podzespoły są znane pod względem ogólnym z szeregu konferencji naukowo-technicznych, poświęconych modernizacji stacji rozrządowych.

Opisy niektórych podzespołów i podsystemów urządzeń ASR zostały już opublikowane w „Automatyce Kolejowej” nr 8/1985 r. Obecnie są w przygotowaniu:

- Opis pulpitu zintegrowanego
- Opis zmian konstrukcyjnych systemu SNZ-2
- Opis systemu sterowania hamulcami SHT 10 i SHT 11.



W związku z powyższym w niniejszym artykule ograniczymy się do podania rozwiązań lub zmian konstrukcyjnych wprowadzonych na stacji w charakterze prototypu lub rozwiązań, w stosunku do których można już obecnie podać wstępne uwagi eksploatacyjne.

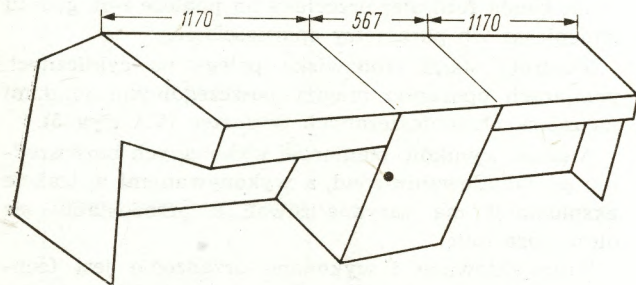
### Pulpit zintegrowany

Zabudowany na stacji pulpit (rys. 1) jest, zdaniem producenta, w wykonaniu zbliżony do optymalnego.

W trakcie konstrukcji pulpitu uwzględniono doświadczenia eksploatacyjne i ustalenia zainteresowanych jednostek akceptowane przez CT. Zmiany konstrukcyjne, szczególnie w płycie licowej pulpitu, spowodowały poprawę jego czytelności. Powyższe w połączeniu z możliwością swobodnej obsługi pulpitu przez operatora w pozycji siedzącej dają podstawę do stwierdzenia, że rozwiązanie obecne jest lepsze w stosunku do wykonanych poprzednio.

Możliwość swobodnej obsługi pulpitu w pozycji siedzącej zależy nie tylko od jego konstrukcji, ale również od ustawienia w nastawnicowni.

W omawianym przypadku nie było problemu z ustawieniem pulpitu, ponieważ już na etapie lokalizacji budynku nastawni skorzystano z „nauk” idących z błędnej lokalizacji nastawni rozrządowej na poprzednio realizowanej stacji.



Rys. 1. Szkic pulpitu zintegrowanego

Pulpit jest zainstalowany na wysokości 10,5 m w stosunku do hamulców odstępowych. Odległość pozioma ok. 80 m od skrajnego hamulca do budynku nastawni zapewnia dobrą obserwację terenu przez operatora.

Do głównych zmian w licu pulpitu, poprawiających jego przejrzystość, zaliczyć należy:

- zastosowanie pojedynczych przycisków EDV do sterowania zwrotnicami,
- zastosowanie podświetlaczy szczelinowych do określenia położenia zwrotnic,
- rezygnację z cyfrowych wyświetlaczy wolnej długości torów kierunkowych.

Zastosowanie pojedynczych przycisków EDV (w miejsce dwóch) do sterowania zwrotnicami wymagało wprowadzenia zmian do zablokowanego systemu nastawiania zwrotnic (SNZ-2). Informacja na pulpicie o stanie zwrotnicy jest kombinacją oświetlenia przycisku EDV i szczeliny.

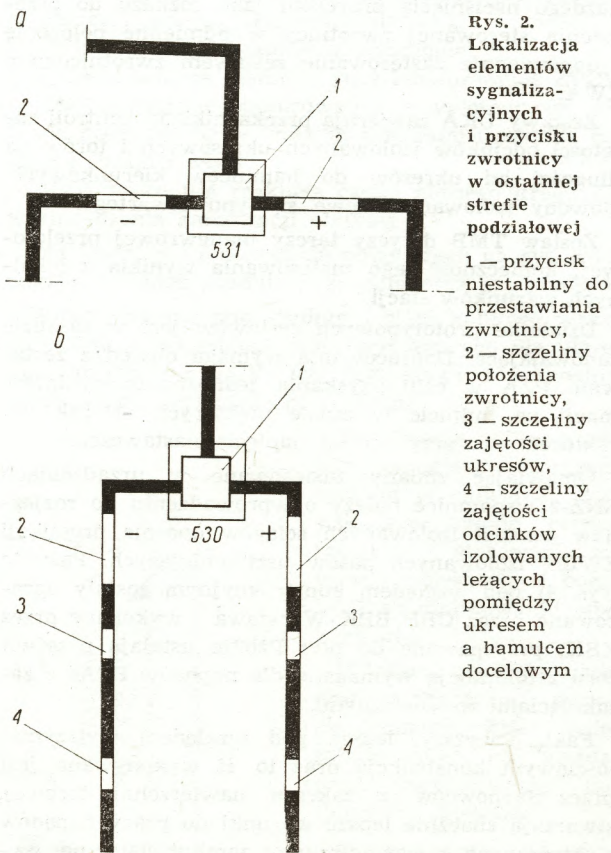
Przykładowe osygnalizowanie zwrotnicy w ostatniej strefie podziałowej pokazano na rys. 2, natomiast osygnalizowanie zwrotnicy z pozostałych stref na rys. 3.

Dla przypadków wg rysunku 2 informacja jest znacznie szersza, ponieważ zawiera kontrolę ukresu i odcinków toru między ukresem a hamulcem ETH-11.

Położenie końcowe zwrotnicy jest sygnalizowane świeceniem żarówki w przycisku i jednej ze szczelin w kolorze białym. Brak kontroli zwrotnicy jest sygnalizowany białym światłem migającym przycisku. Zajętość lub niezajętość zwrotnicy (toru) jest sygnalizowana w sposób podobny do rozwiązań w innych urządzeniach.

Powyższe zmiany konstrukcyjne spowodowały zbliżenie osygnalizowania zwrotnic na pulpicie zintegrowanym do konwencji przyjętej w pulpitych kostkowych, co w połączeniu z rozszerzeniem sygnalizacji zajętości torów do hamulców kierunkowych uznać należy za kolejne zalety rozwiązania.

Przyciski EDV nie są konstrukcyjnie przystosowane do plombowania. Zastosowanie ich w obecnej postaci jako przycisków doraźnych w obwodach Ko (kontrola obwodu) lub Iz, mimo stosowania liczników ich zużycia, stoi w sprzeczności z obowiązującymi przepisami.



Rys. 2. Lokalizacja elementów sygnalizacyjnych i przycisku zwrotnicy w ostatniej strefie podziałowej

1 — przycisk niestabilny do przestawiania zwrotnicy,  
2 — szczeliny położenia zwrotnicy,  
3 — szczeliny zajętości ukresów,  
4 — szczeliny zajętości odcinków izolowanych leżących pomiędzy ukresem a hamulcem docelowym

Przyciski doraźne, wyposażone nawet w liczniki, powinny mieć możliwość zaplombowania na wypadek niewłaściwego działania licznika (instrukcja E18). Zasadne jest to tym bardziej, iż przyciski EDV są przyciskami bardzo szybko działającymi, a liczniki ich użycia umieszczono poza bezpośrednim zasięgiem wzroku personelu obsługi.

Za mankament należy uznać brak kapturków ochronnych (zamknięć pomocniczych) na przyciski sterujące. Za niewygodne ze względów eksploatacyjno-ruchowych należy uznać konieczność otwierania płyty licowej pulpitu dla wymiany żarówek podświetlających szczeliny.

Powyższe mankamenty ujęto w protokole odbioru funkcjonalnego urządzeń i są one obecnie przedmiotem prac w ZWUS Katowice. Zachowując zastosowane przyciski EDV w obecnej postaci prawdopo-



dobnie nie uzyska się możliwości ich plombowania i powstanie konieczność dostosowania obowiązujących przepisów do aktualnej konstrukcji pulpitu.

Konieczność gruntownej aktualizacji przepisów, a zwłaszcza instrukcji E18, E24 wynika w ogóle z samego faktu wdrażania urządzeń ASR, lecz chyba obecnie jest na to jeszcze za wcześnie.

## Urządzenia SNZ-2

Wprowadzenie wyżej opisanych zmian i uzupełnień pulpitu zintegrowanego spowodowało konieczność opracowania prototypowych zestawów przekaźnikowych.

Na obiekcie typowe urządzenia SNZ-2 uzupełniono o zestawy PZA, TMB i UKA.

Zestawy przekaźnikowe PZA są zestawami pośredniczącymi między przyciskami EDV a zestawami zwrotnicowymi ZWA. Zadaniem ich jest przyjęcie każdego naciśnięcia przycisku jako rozkazu do przełożenia sterowanej zwrotnicy w odmienne położenie i odpowiednie zasterowanie zestawem zwrotnicowym ZWA.

Zestawy UKA zawierają przekaźniki do kontroli zajętości odcinków izolowanych ukresowych i torów na długości od ukresów do hamulców kierunkowych. Obwody izolowane torowe są typu otwartego.

Zestaw TMB dotyczy tarczy manewrowej przelotowej; konieczność jego zastosowania wynika z lokalnych warunków stacji.

Działanie prototypowych zestawów jest w zasadzie zadowalające. Dopracowania wymaga obwód z zestawem PZA w celu uzyskania jednoznaczności informacji na pulpicie w czasie niektórych usterek lub zakłóceń, np. przy zaniku napięcia nastawczego.

Omawiając zmiany zastosowane w urządzeniach SNZ-2 wspomnieć należy o wprowadzeniu do rozjazdów zamiast izolowanych ściągów opornic produkcji ZWUS, izolowanych pasów usztywniających. Pasy te (rys. 4) pod względem konstrukcyjnym zostały opracowane przez CBP BBK Warszawa i wykonane przez ZBK; przyspawane do płyt Pzb22e ustalają prześwit toru z tolerancją wymaganą dla napędów EEA4 z zamknięciami wewnętrznymi.

Fakt powyższy, lepsza pod względem wytrzymałościowym konstrukcja oraz to, iż wykonywana jest przez fachowców z zakresu nawierzchni torowej, stwarzają znacznie lepsze warunki do pracy napędów elektrycznych z wewnętrznymi zamknięciami nastawczymi.

W ten sposób został zrealizowany jeden z postulatów personelu utrzymania, wynikający z doświadczeń wyniesionych z kilkuletniej pracy napędów zwrotnicowych tego typu.

## Ochrona środowiska naturalnego

Eksploracja dotychczas zabudowanych hamulców ETH wykazała, że bardzo trudnym problemem technicznym dla producenta urządzeń, tj. ZWUS, jest zapewnienie szczelności instalacji hydraulicznej. Fakt ten, niezależnie od kłopotów eksploatacyjnych związanych z przerwami w pracy hamulców dla usunięcia usterek, powoduje wycieki oleju „BOKSOL” do gruntu lub kanałów technologicznych.

Ze względu na znaczne ilości oleju w instalacji hydraulicznej poważniejsza awaria mogłaby spowodo-

wać zanieczyszczenie środowiska naturalnego. W związku z powyższym, niezależnie od prac konstruktorów mających na celu poprawienie szczelności instalacji były wykonywane prace mające na celu zapobieżenie przedostaniu się oleju do gruntu.

Do czasu budowy stacji Tarnowskie Góry chronione były główne ciągi instalacji hydraulicznej, nie obejmujące hamulców.

Przy budowie instalacji hydraulicznej na stacji Tarnowskie Góry znacznie poprawiono jej szczelność i jeśli zostanie poprawiona jakość elementów połączeniowych i siłowników, nie powinno być zbytnich problemów z wyciekami tzw. normalnymi.

Na podstawie dokumentacji prototypowej starano się stworzyć warunki zapobiegające przedstawianiu się oleju bezpośrednio do gruntu w rejonach hamulców torowych, tzn. w rejonach, gdzie dotychczas instalacje hydrauliczne nie były chronione.

Twórcy rozwiązania projektowego, tj. BPK Katowice i COBiRTK Warszawa, zaproponowali zabudowę pod każdym z hamulców zespołu sześciu sond pomiarowych przytwierdzonych do podłoża betonowego (rys. 5), na które nałożono kilka warstw folii i warstwę włókniny. Całość jest umieszczona na głębokości około 60 cm od stopki szyny (hamulców).

W normalnych warunkach olej wyciekający z uszkodzonej instalacji po przejściu przez tłuczeń, piasek i włókninę trafia na folię, po której powinien wpłynąć do zbiornika osadowego TOS. W przypadku uszkodzenia folii olej przecieka na podłoże i do gruntu zmieniając ich parametry opornościowe.

Kontrola stanu środowiska polega na cyklicznych pomiarach oporności między poszczególnymi sondami na zaciskach umieszczonych w puszcze IVA (rys. 5).

Analiza wyników pomiarów wykonanych bezpośrednio po zabudowaniu sond, a wykonywanymi w trakcie eksploatacji ma zasygnalizować o przedostaniu się oleju poza folię.

Zaprojektowane i wykonane urządzenie jest technicznie proste, a pomiary oporności metodą mostkową nieskomplikowane.

Znacznie trudniejsze będzie podjęcie decyzji w sprawie ewentualnej wymiany folii, ponieważ wiązać się będzie z koniecznością demontażu hamulca, rozbiórka ukształtowanego (zagęszczanego) podtorza i ponownym wykonaniem robót nawierzchniowych.

Ze względu na powyższe fakty wskazane byłoby określenie granicznych wartości oporności podłoża, których ze względu na stan środowiska naturalnego przekroczyć nie wolno. Wymaga to uprzednio przeprowadzenia badań laboratoryjnych (najprawdopodobniej przez COBiRTK), określających zmiany oporności gruntu wskutek zanieczyszczeń olejem BOKSOL.

Niezależnie od tego powinny być prowadzone prace badawcze mające na celu określenie takiego materiału na warstwę izolacyjną, której możliwość uszkodzenia byłaby bardzo mała.

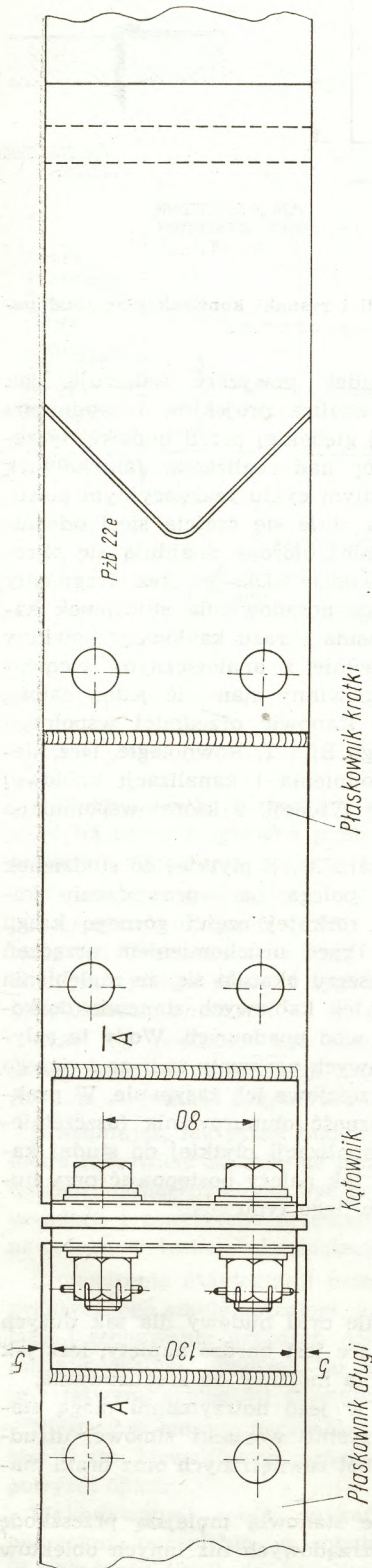
## Kanalizacja kablowa głęboka

Cała sieć kablowa została zaprojektowana i wykonana w kanalizacji. Wszystkie kable sterowania ruchem, łączności i energetyczne są rozprowadzone w kanalizacji będącej kombinacją znanej kanalizacji płytkiej, wykonanej z korytek kablowych i głębokiej, wykonanej wg prototypowej dokumentacji BPK Katowice.

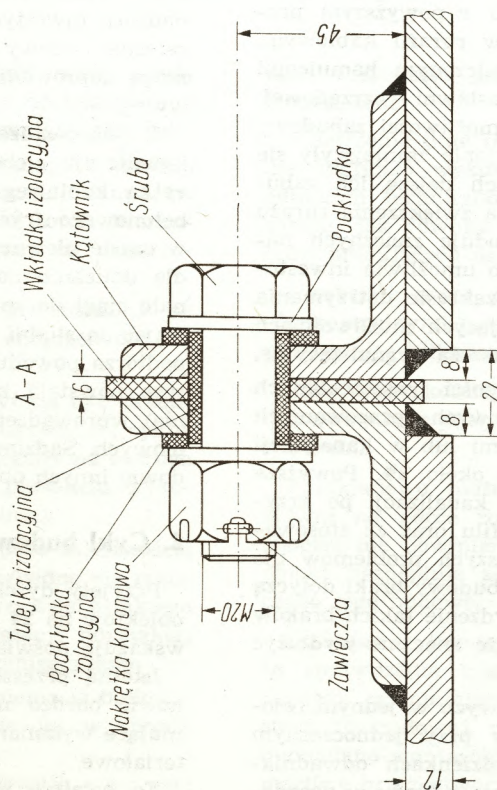


Zastosowanie tak kosztownych rozwiązań wynikało w głównej mierze z przyjętej zasady nienaruszalności poszczególnych warstw uformowanego podtorza, a zwłaszcza warstwy filtracyjnej w trakcie robót kablowych tak podczas budowy jak i w przyszłości.

Projektanci uwzględnili również zasadę nienaruszalności konstrukcji kanalizacji kablowej podczas robót nawierzchniowych, wykonywanych w sposób zmechanizowany, umieszczając jej elementy poza skrajnią.



Rys. 4. Konstrukcja pasa usztywniającego



Zastosowano trzy rodzaje studzienek kablowych:

- Φ 80 cm dla międzytorzy o szerokości do 5,44 m,
- Φ 100 cm dla międzytorzy o szerokości od 5,44 do 5,68 m,
- Φ 120 cm dla międzytorzy o szerokości powyżej 5,68 m.

Realizacja projektu kanalizacji głębokiej wymagała ścisłej współpracy wykonawców robót, tj. ZBK i KZA.

Ze względu na fakt, że roboty o takim charakterze nie były dotychczas wykonywane przez KZA (w zasadzie leżą poza profilem ich robót), ale jednocześnie studzienki stanowią główne ogniwa dla konfiguracji sieci kablowej wykonywanej właśnie przez KZA opracowano technologię robót, która z jednej strony zezwalała na realizację samych studzienek przez ZBK, a elementów ciągów kablowych przez KZA wg następującej kolejności:

- tyczenia rzędnych i współrzędnych dokonuje grupa pomiarowa inwestora (operaty powykonawcze tyczenia są załącznikiem do dziennika budowy),
- ZBK wykonuje osadnik odwodnienia,
- KZA układa na osadniku rury kanalizacyjne z PCV,
- ZBK wykonuje obmurowywanie wylotów rur, nakłada kręgi betonowe wraz ze stopniami i zakłada pokrywę studni i właz,
- KZA wykonuje rozkucia części górnego kręgu dla wprowadzenia kanalizacji płytkiej.

Dla lepszego zobrazowania powyższego na rys. 6 i 7 pokazano widok studni w gruncie oraz jej przekrój.

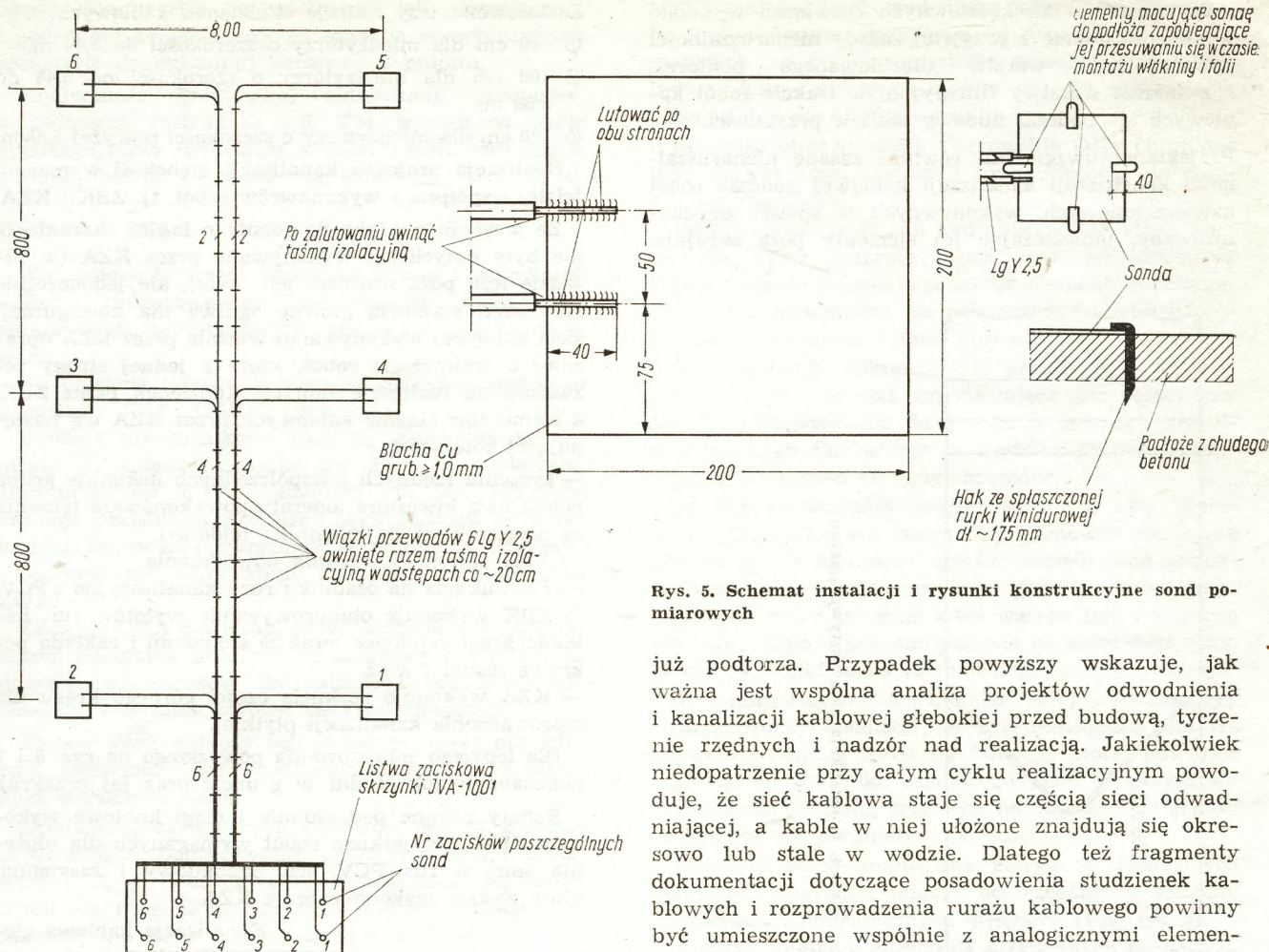
Roboty ziemne pod studnie i ciągi kablowe wykonywały ZBK z wyjątkiem robót wymaganych dla ułożenia samych rur PCV, ich podbudowy i zasypania, które zostały wykonane przez KZA.

Kanalizacja kablowa głęboka w ogólnych zarysach spełniła oczekiwania, toteż wskazane byłoby rozszerzenie jej stosowania na innych obiektach o bogatej i skomplikowanej sieci kablowej.

W trakcie rozruchu urządzeń stwierdzono pewne mankamenty, które należałoby mieć na uwadze przy projektowaniu następnych obiektów.

a) Kanalizacja wg projektu miała mieć rezerwy kablowe na ewentualną rozbudowę sieci kablowej na okres powyżej 20 lat. W trakcie realizacji, nie dysponując profilami kabli określonymi w projekcie, używano kabli o profilach zbliżonych (grubszych) lub podwójnych (cieńszych), co spowodowało wykorzystanie miejsc rezerwowych w kanalizacji. Taka działalność wynikała z obecnych możliwości zaopatrzeniowych w kable i trudno zakładać, aby sytuacja ta się w najbliższych latach dia-





Rys. 5. Schemat instalacji i rysunki konstrukcyjne sond pomiarowych

metralnie poprawiła. W związku z powyższym proponujemy powiększyć rezerwy w rurażu kablowym, zwłaszcza w rejonie stacji ograniczonym hamulcami ETH10, ETH11 i budynkiem nastawni rozrządowej. W przypadku omawianej stacji możliwości zabudowy dalszych kabli w omawianym rejonie zmniejszyły się znacznie, a w niektórych ciągach dalsza ich zabudowa jest niemożliwa. Propozycja zwiększenia rurażu pod rezerwy kablów nie powoduje znacznych nakładów inwestycyjnych, ale za to umożliwia inwestorowi większe pole manewru w zakresie dotrzymania cykli realizacyjnych, przy istniejących możliwościach zaopatrzeniowych w kable, zwłaszcza sygnalizacyjne.

b) Przyjęte w projekcie długości poszczególnych kabli, wzorowane na dotychczasowych opracowaniach dotyczących układu kabli w ziemi lub w kanalizacji płytkiej okazały się za małe o około 8%. Powyższe wynika z prowadzenia kabla w kanalizacji po krzywych łamanych w planie o profilu oraz ze stosowania zapasów w studniach. Większych problemów nie ma, gdy stwierdzone pod koniec budowy braki dotyczą kabli typowych, natomiast stwierdzenie takich braków dla kabli np. ekranowanych może znacznie wydłużyć cykl budowy.

c) W kilku studzienkach kablowych w jednym rejonie stwierdzono obecność wody przy jednoczesnym braku jej w sąsiadujących studzienkach odwadniających. Wynika to prawdopodobnie z błędu w posadowieniu studzienek kablowych. Błąd ten nie jest możliwy do skorygowania bez naruszenia uformowanego

już podtorza. Przypadek powyższy wskazuje, jak ważna jest wspólna analiza projektów odwodnienia i kanalizacji kablowej głębokiej przed budową, tymczasem rzędnych i nadzór nad realizacją. Jakikolwiek niedopatrzenie przy całym cyklu realizacyjnym powoduje, że sieć kablowa staje się częścią sieci odwadniającej, a kable w niej ułożone znajdują się okresowo lub stale w wodzie. Dlatego też fragmenty dokumentacji dotyczące posadowienia studzienek kablowych i rozprowadzenia rurażu kablowego powinny być umieszczone wspólnie z analogicznymi elementami odwodnienia i powinny stanowić jedną całość, a w okresie budowy stanowić przedmiot wspólnego nadzoru inwestycyjnego BI i T. Równoległe, lecz niezależne budowy odwodnienia i kanalizacji kablowej mogą doprowadzić do sytuacji, o której wspomniano wyżej.

d) Doprowadzenie kanalizacji płytkiej do studzienek kanalizacji głębokiej polega na wprowadzeniu korytka kablowego do rozkutej części górnego kręgu betonowego (rys. 6). Przed uruchomieniem urządzeń w czasie ulewnego deszczu okazało się, że zagłębienia dla umieszczenia korytek kablowych stanowią doskonałe ciągi do spływu wód opadowych. Wody te spływając do studni kablowych porwały żwir ze świeżego podtorza powodując częściowe ich zasypanie. W praktyce powstała konieczność obmurowania (uszczelnienia) wprowadzenia kanalizacji płytkiej do studni kablowych. Sądzymy, że tak należy postępować przy budowie innych obiektów tego typu.

## 2. Cykl budowy

Przyjęty dyrektywnie cykl budowy dla tak dużych obiektów na 24 miesiące jest bardzo napięty, lecz jak wskazują doświadczenia możliwy do zrealizowania.

Istotną przeszkodą w jego dotrzymaniu mogą stanowić bardzo niekorzystne warunki zimowe, utrudniające wykonanie robót zewnętrznych oraz braki materiałowe.

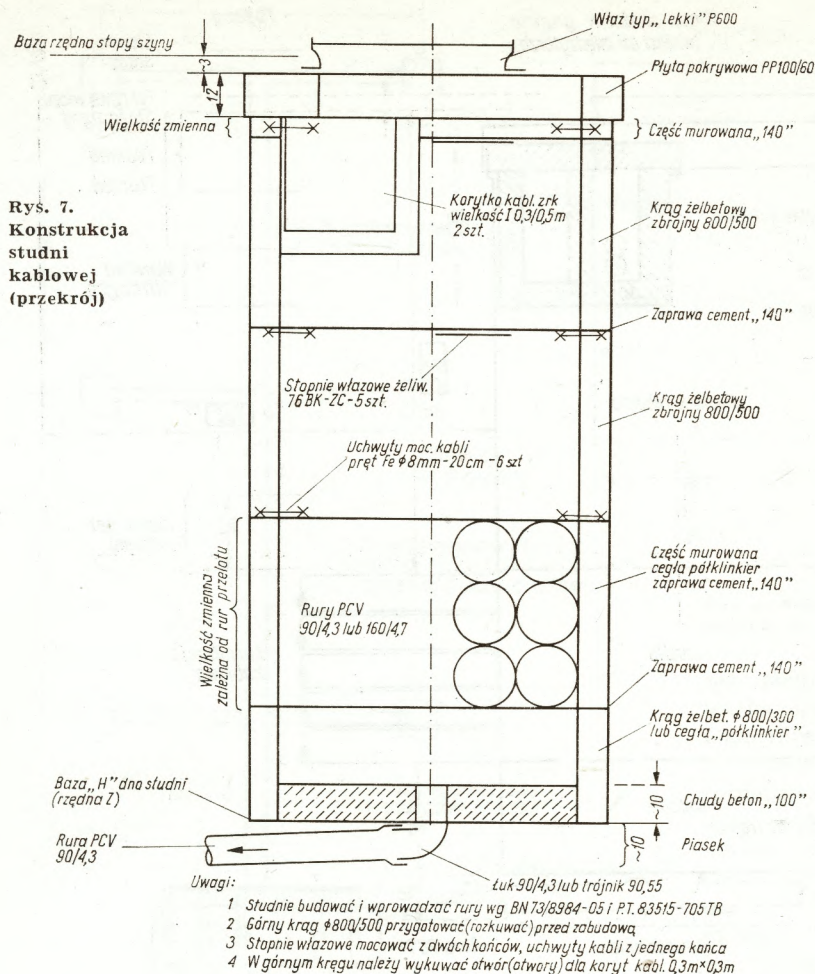
Te ostatnie obecnie stanowią mniejszą przeszkodę w realizacji stacji rozrządowych niż innych obiektów kolejowych.



Widok studni w gruncie  
(wzdłuż osi międzytorza)







Rys. 7.  
Konstrukcja  
studni  
kablowej  
(przekrój)

wzmocnionych pracownikami Okręgowego Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji.

Podkreślić należy, że odbiory funkcjonalne, aczkolwiek mogą być skrócone, nie decydują o cyklu budowy, ponieważ przedmiotowe skrócenie może się zamknąć liczbą kilku dni.

Faktycznych możliwości szybszego wykonania robót (o 1 miesiąc) należy szukać w wykonawstwie poszczególnych zakresów i wcześniejszym przygotowaniu frontów robót dla prac długotrwałych.

Takimi pracami w zakresie tematyki nas interesującej są montaż urządzeń wewnętrznych srk; stąd też konieczność wyprzedzającego wykonania budynków nastawni.

O kolejności budowy i przekazywania do montażu budynków nastawni decyduje instalowana w nich aparatura.

Najwcześniej powinien być przekazany KZA budynek obsługujący wyjazd z grupy kierunkowej, następnie obsługujący wjazd na tę grupę, a dopiero na końcu budynek obsługujący górkę rozrządową.

Jeśli funkcje obsługi górkę i wjazdu na grupę kierunkową są połączone w jednym budynku, to w takim przypadku powinien on być realizowany w pierwszej kolejności.

Zaproponowana kolejność budowy budynków nastawni wynika z czasochłonności montażu urządzeń wewnętrznych.

Nastawnia obsługująca rozrząd jest wyposażona w zblokowane urządzenia do nastawiania zwrotnic

i sygnałów (SNZ) o znacznie krótszym czasie ich montażu w stosunku do urządzeń tradycyjnych (E).

Czas montażu urządzeń wewnętrznych ASR dla zakresu półautomatyki jest krótszy niż SNZ, więc nie decyduje o cyklu budowy zwłaszcza, że roboty te są wykonywane przez oddzielne bragady.

Czas budowy urządzeń wewnętrznych typu E jest kilkakrotnie dłuższy niż systemu zblokowanego.

Skrócenie indywidualnego montażu jest możliwe przynajmniej przez częściowe jego uprzemysłowienie.

Obecne możliwości w tym zakresie nie są wielkie, a i te, które istnieją, nie są w pełni wykorzystane. Odnosi się to przede wszystkim do tzw. przemysłowego montażu pulpitu nastawczych wdrożonego przed trzema laty do stosowania na sieci PKP.

Montaż ten polega na połączeniu pulpitu nastawczego ze stojakami przekątnikowymi za pośrednictwem kabli wielowtykowych wykonywanych i sprawdzanych fabrycznie w ZWUS. Metoda ta zdała już pomyślnie eksploatacyjny egzamin i uzyskała pozytywną opinię COBiRTK.

Czas podłączenia pulpitu do zmontowanych urządzeń w zależności od wielkości obiektu wynosi 2÷4 dni, a więc może być nawet dziesięciokrotnie krótszy od wykonania metodami tradycyjnymi.

Według danych ZWUS od czasu wdrożenia metody wyprodukowano dotychczas kilkanaście pulpitu przystosowanych do przemysłowego montażu. ZWUS wykonuje pulpity nastawcze wg dostarczonej dokumentacji, a ponieważ wykonanie fabryczne obu wersji z listwami zaciskowymi lub gniazdami wielowtykowymi jest porównywalne pod względem robocizny i ceny, nie jest zainteresowany preferowaniem poszczególnych rozwiązań.

Ponieważ korzyści ze stosowania przemysłowego montażu pulpitu osiąga się na budowie, zainteresowani tą metodą powinni być w równej mierze inwestorzy i wykonawcy robót. To oni powinni dopilnować, aby już na etapie projektowania uwzględniono rozwiązania skracające czas budowy.

Niebagatelny wpływ na cykl realizacji budowy ma jakość dokumentacji projektowej.

Truizmem byłoby powtarzanie o konieczności zwiększenia kontroli wewnętrznej w biurach projektów. Jest ona obecnie bardzo potrzebna. Sądzimy, że warto byłoby wrócić do zlikwidowanej przed laty „instytucji”, jaką była KOPI.

Z praktyki wiadomo, że nie ma dokumentacji projektowej bez błędów. Istotne zatem jest, kiedy zostaną one ujawnione i jaki zakres przeróbek w wykonanych już urządzeniach za sobą pociągają.

Jeśli błędy zostaną ujawnione dopiero przez komisję odbioru funkcjonalnego, jest oczywiste, że ich wpływ na cykl budowy urządzeń może być znaczny, natomiast jeśli to nastąpi w trakcie montażu, może być on niewielki.



Niezwykle pomocne w funkcjonalnej ocenie obwodów są urządzenia animacyjno-testujące produkcji KZA Katowice Piotrowice („Automatyka Kolejowa” nr 1/86).

Zainstalowane na obiekcie równolegle z pulpitem nastawczym zezwalają brygadziście prowadzącemu montaż na funkcjonalne sprawdzenie wykonanych obwodów (samokontrola), a ponadto wybitnie skracają sprawdzenie zależności, co jest bardzo istotne przy odbiorach technicznych i funkcjonalnych.

Dla przykładu można podać, że w trakcie odbioru funkcjonalnego nastawni zawierającej 750 przebiegów (w większości manewrowych) zespołowi składającemu się z trzech pracowników (dwóch przy pulpicie, jeden w przekaźnikowni) udało się sprawdzić wszystkie zależności w ciągu trzech dni.

W omawianiu niektórych zagadnień związanych z cyklem realizacyjnym urządzeń ASR i srk w głównej mierze skupiliśmy się na robotach wewnętrznych, ponieważ one decydują o cyklu budowy.

Podane dwa przykłady usprawnienia robót wewnętrznych (przemysłowy montaż pulpitów i urządzeń animacyjno-testujące) zezwalają na skrócenie cyklu wykonania tych robót o jeden miesiąc.

Rezerwy tkwią jeszcze w organizacji robót, w jakości dokumentacji i zaopatrzeniu materiałowym.

Roboty zewnętrzne nie rzutują na cykl budowy urządzeń ASR. W wykonawstwie tych robót widoczne są już wyraźne zaczątki mechanizacji (środki transportu kołowego i szynowego, koparki, wózki podnośnikowe, świdroustawiacze, zmechanizowany sprzęt drobny i inne).

Dzięki postępującej mechanizacji prac oraz możliwości zatrudnienia przy urządzeniach zewnętrznych

większej liczby pracowników, drobne opóźnienia realizacyjne w trakcie budowy nie mają większego wpływu na termin jej zakończenia.

Na zakończenie należy stwierdzić, że urządzenia techniczne związane z automatyzacją rozrządu mogą być zabudowane i sprawdzone na obiekcie w okresie nie dłuższym niż 23 miesiące, jeśli zostaną odpowiednio wcześniej udostępnione fronty robót przez wykonawców robót podstawowych. Chcąc zapewnić odpowiednie warunki rozruchu urządzeń ASR należy dążyć, aby w tym samym czasie zostały całkowicie wykonane roboty torowe. Temu celowi powinny służyć kompleksowe harmonogramy robót i bieżące koordynacje robót.

Okres rozruchu urządzeń ASR (jeden miesiąc) powinien być w harmonogramie robót wielkością nie-naruszalną. W praktyce natomiast powinien rozpocząć się w pierwszym dniu po całkowitym zakończeniu robót w układach torowych i urządzeniach srk, a kończyć przekazaniem stacji rozrządowej do eksploatacji tj. nie później niż w trzydziestym dniu jego trwania.

Zrozumiałe jest, że przesunięcie terminu zakończenia robót w stosunku do harmonogramu będzie jednoznaczne z przesunięciem o taki sam czas przekazania stacji i urządzeń ASR do eksploatacji. Na zakończenie z naciskiem należy podkreślić, że skracanie cyklu budowy stacji rozrządowych jest możliwe, ale na etapie przygotowania i wykonawstwa robót podstawowych. Temu powinien służyć odpowiednio opracowany harmonogram robót i nadzór nad ścisłą jego realizacją. Harmonogram powinien być opracowany „od tyłu”, tj. od punktu wyjścia, którym jest planowana data przekazania stacji do eksploatacji pomniejszona o 30 dni.

dr inż. JERZY KOŚNIK

Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju  
Techniki Kolejnictwa, Warszawa

## Badanie parametrów radiotelefonów sieci łączności pociągowej

Sieć radiowej łączności pociągowej PKP wdrożono do 1986 roku na liniach kolejowych o łącznej długości około 14 000 km. Zostało zainstalowanych około 1600 radiotelefonów stacjonarnych i około 3000 radiotelefonów przewoźnych. Utrzymanie tej, nadal rosnącej, liczby radiotelefonów stało się dość uciążliwe, zwłaszcza na liniach, ze względu na czasochłonny dojazd do miejsca zainstalowania radiotelefonu. Zgodnie z instrukcją E-25 [1] każdy radiotelefon powinien być w ciągu roku dwukrotnie sprawdzony i w miarę potrzeby regulowany. Zabieg ten wymaga zdemontowania radiotelefonu i przewiezienia do warsztatu. Jednakże w znacznej części przypadków (około 84%), badania zdemontowanych radiotelefonów wykazują, że ich parametry nie zmieniły swej wartości i radiotelefony można ponownie zainstalować na linii, bez potrzeby naprawy lub regulacji. Możliwość dokonania wstępnej selekcji urządzeń lub badań bez demontowania radiotelefonów pozwoliłaby uniknąć zbędnych czynności związanych z ich demontowaniem, przewożeniem do warsztatu, sprawdzaniem parametrów, ponownym przewożeniem na linię i zamontowaniem. Zrezygnować z okresowych badań nie można, ponieważ w części radiotelefonów następuje stopniowe rozregulowanie

wanie pogarszające ich parametry eksploatacyjne, często w sposób niezauważalny dla użytkowników.

Konieczność przeprowadzania okresowych badań urządzeń w rozbudowanych sieciach radiotelefonicznych doprowadziła do powstania w kraju i za granicą wielu różnych urządzeń przeznaczonych do szybkiego badania (testowania) radiotelefonów. Urządzenia te są często budowane w technice cyfrowej, bywają wyposażane w programowanie automatycznego cyklu badawczego, w wydruk wyników, co ułatwia posiadaczowi sprzętu prowadzenie dokumentacji i statystyki uszkodzeń. Testery opisanego rodzaju znacznie przyspieszają proces laboratoryjnego badania radiotelefonu, jednakże nie rozwiązują sprawy selekcji urządzeń do badań i wykonywania badań w terenie, ponieważ wymagają one bezpośredniego przewodowego połączenia z badanym obiektem.

Problem utrzymania radiotelefonów stacjonarnych rozrzuconych po całej sieci PKP stawał się w ostatnich latach coraz bardziej uciążliwy i wymagał rozwiązania uwzględniającego specyficzne warunki pracy kolei.



## 1. Założenia wyjściowe do opracowania koncepcji urządzenia do zdalnego sprawdzania parametrów radiotelefonów stacjonarnych

Podstawowe warunki, którym powinien odpowiadać tester stacji bazowych radiotelefonicznej sieci pociągowej ujęto poniżej w formie założeń wyjściowych. Założenia te zostały sprecyzowane na podstawie analizy instrukcji o utrzymaniu urządzeń łączności na PKP E-25 [1] oraz analizy Instrukcji Technicznej Stacjonarnego Radiotelefonu Pociągowego 3006-160 [2].

1) Urządzenie ma służyć do zdalnego sprawdzania parametrów stacjonarnych radiotelefonów sieci łączności pociągowej PKP.

2) Miejscem pracy urządzenia będzie wagon laboratoryjny dołączony do składów pociągów rozkładowych, kursujących na liniach kolejowych, na których ma być badana radiotelefoniczna sieć pociągowa.

3) Sprawdzanie parametrów urządzeń stacjonarnych sieci pociągowej, zainstalowanych wzdłuż aktualnej trasy wagonu pomiarowego, powinno być możliwe zarówno w czasie postoju pociągu na stacjach, jak i podczas jazdy z normalną prędkością rozkładową.

4) Zasięg zdalnego sprawdzania (wzdłuż trasy linii kolejowej) może być mniejszy od zasięgu łączności w normalnych warunkach eksploatacyjnych.

5) Tester powinien umożliwiać sprawdzanie urządzeń sieci pociągowej na wszystkich wykorzystywanych przez nią kanałach radiotelefonicznych.

6) W części nadawczej sprawdzanych urządzeń powinny być oceniane następujące parametry: moc, częstotliwość pracy w.c.z., częstotliwości selektywnego wywołania grupowego, dewiacja, zniekształcenia nieliniowe (pomiar tego parametru może być wykonywany z użyciem zewnętrznego typowego miernika zawartości harmonicznych).

7) W części odbiorczej sprawdzanych urządzeń powinny być oceniane takie parametry jak: czułość, dostrojenie do kanału w.c.z., dostrojenie odbiornika selektywnego wywołania do poszczególnych tonów wywoławczych, działanie blokady selektywnego wywołania.

8) Obsługa urządzenia do zdalnego pomiaru parametrów radiotelefonów powinna być jednoosobowa.

9) Odczyt wyników pomiaru powinien być możliwy także przy wstrząsach i niestabilnej jeździe wagonu na rozjazdach i torach złej jakości.

10) Urządzenie powinno być przystosowane do zasilania z typowej sieci pokładowej wagonów PKP.

11) Układy elektroniczne urządzenia powinny zawierać elementy i podzespoły produkcji krajowej, wymienione w aktualnej liście preferencyjnej.

12) W razie zastosowania w urządzeniu typowych zespołów produkcji krajowej, takich jak zespół N/O, zasilacz i antena, dopuszcza się możliwość dokonania w tych zespołach niezbędnych zmian adaptacyjnych.

## 2. Wybór metody pomiaru parametrów

Potrzeba szybkiej oceny lub pomiaru parametrów urządzeń radiotelefonicznych doprowadziła w ostatnich latach do opracowania licznych urządzeń i stanowisk pomiarowych, pozwalających często na wykonywanie programowanych i w pełni zautomatyzowanych procesów pomiarowo-kontrolnych.

Jako przykłady wiodących opracowań w tej dziedzinie można wymienić Inteligentny Radiokomunikacyjny Tester CMT firmy Rohde i Schwarz oraz Radiokomunikacyjny Tester 2955 firmy Marconi. Urządzenia tego typu wymagają jednak przewodowego połączenia testera z badanym obiektem.

Zdalne pomiary parametrów radiotelefonów są, ze zrozumiałych względów, trudniejsze do wykonania, w związku z czym sposób ten nie był do tej pory szerzej stosowany w praktyce. Znane są sposoby zdalnego pomiaru poszczególnych pojedynczych parametrów nadajników (np. metoda interferencyjna pomiaru częstotliwości nośnej), jednak w zastosowaniu do urządzeń radiotelefonicznych materiały na temat zdalnej oceny ich pracy znaleziono jedynie w odniesieniu do kolei radzieckich [5]. Przewoźne stanowisko pomiarowe w sposób automatyczny rejestruje podstawowe parametry sygnału nadajnika stacji bazowej, jednak odbiornik nie jest w tym systemie testowany.

Przystępując do rozważań na temat możliwości oceny urządzeń radiotelefonicznych w sposób zdalny, trzeba rozdzielić sprawę na dwa niezależne nurty: badanie nadajnika, badanie odbiornika.

Przy badaniach nadajnika jest konieczne odebranie wysłanego przez nadajnik sygnału w.c.z. modulowanego określonym tonem wywoławczym. Na podstawie natężenia pola w miejscu odbioru można przy znanej odległości i znanych warunkach propagacji oszacować moc nadajnika. Porównując częstotliwość nośną sygnału z określonym wzorcem lub za pomocą wzorcowego odbiornika, można ocenić odstrojenie odbieranego sygnału od wartości nominalnej dla danego kanału. Tolerancję częstotliwości toru wywoławczego można ocenić za pomocą wąskopasmowego detektora o ostro określonych granicach odbioru sygnału. Może być tu zastosowana technika filtrów cyfrowych, wypróbowana w koncentratorze radiotelefonów pociągowych (opracowanie COBiRTK). Pomiar zniekształceń nieliniowych nie nastręcza większych trudności, jeśli na wyjściu odbiornika pomiarowego dysponuje się sygnałem m.c.z. Pomiar może być wykonany typowym miernikiem zawartości harmonicznych.

Aby w normalnych warunkach eksploatacyjnych spowodować wysłanie z nadajnika stacji stałej określonego sygnału pomiarowego, trzeba wcześniej nawiązać z odpowiednim dyżurnym ruchu łączność foniczną. Będzie to możliwe tylko wówczas, gdy ruchomy punkt pomiarowy będzie wyposażony w odpowiednie urządzenia nadawczo-odbiorcze, a odbiornik dyżurnego ruchu będzie na tyle sprawny, aby odebrać niezbędne instrukcje. Brak możliwości nawiązania wstępnego kontaktu jest traktowany jako ujemny wynik oceny badanego urządzenia.

O ile brak reakcji odbiornika na nominalny sygnał wywoławczy jest wystarczającym powodem do negatywnej oceny próby, o tyle odebranie takiego sygnału nie świadczy jeszcze o pełnej sprawności odbiornika. Więcej informacji o stanie odbiornika można uzyskać badając jego reakcje na sygnał o parametrach celowo odbiegających od wartości nominalnych. Przede wszystkim, znając odległość między nadajnikiem i odbiornikiem oraz warunki propagacyjne, można — za pomocą zmian mocy sygnału nadawanego — ocenić czułość i prawidłowość zestrojenia odbiornika. Przez wysyłanie sygnałów wywoławczych, odstrojonych w różnym stopniu od wartości nominalnej, można określić stopień zgodności kanału odbiorczego selek-



tywnego wywołania z wymaganymi granicami tolerancji. Tą samą metodą można sprawdzić prawidłowość działania blokady selektywnego wywołania.

Znacznym utrudnieniem przy dokonywaniu zdalnej oceny parametrów radiotelefonów jest wymaganie, aby pomiary mogły być prowadzone także w czasie jazdy punktu pomiarowego. Duże wahania i zaniki sygnału pomiarowego sprawiają, że zasięg, w którym można dokonywać zdalnej oceny, jest znacznie mniejszy od normalnego zasięgu łączności radiowej.

Aby określić użyteczny zasięg metody zdalnego pomiaru, trzeba rozważyć charakter zmienności sygnału pomiarowego. W przeciwieństwie do wolnej przestrzeni, gdzie sygnał jest zjawiskiem zdeterminowanym, w ośrodkach materialnych otaczających Ziemię propagacja sygnału ma charakter losowy, ze względu na niejednorodność i niestacjonarność ośrodka, którego własności zależą zarówno od miejsca, jak i od czasu. Trudność formalnego opisu zjawisk związanych z wielodrogową propagacją sygnału sprawia, że w praktyce korzysta się przede wszystkim z wyników badań doświadczalnych. COBiRTK w latach 1979–80 przeprowadził badania propagacyjne na liniach kolejowych, w czasie których określono charakter tzw. rozkładów krótkodystansowych natężenia pola sygnału w paśmie częstotliwości 150 MHz [3]. Z badań wynika, że dla odległości nie przekraczających zasięgu horyzontalnego (kilkanaście kilometrów) zależność czasowa w rozkładach może być pominięta w porównaniu z fluktuacją pochodzącą od zmiany miejsca odbioru sygnału.

Z punktu widzenia statystyki moc sygnału dostarczana do punktu odbioru może być opisana funkcją wartości średniokwadratowej  $\Psi_x^2$

$$\Psi_x^2 = \mu_x^2 + \sigma_x^2 \quad (1)$$

gdzie  $\mu_x$  jest wartością średnią sygnału,  $\sigma_x$  zaś odchyleniem standardowym sygnału opisującym rozkład wartości sygnału w najbliższej okolicy punktu odbioru.

Granice terytorialne rozkładu krótkodystansowego są określone wymaganiem, aby zmienność wartości średniej, wynikająca z wpływu odległości między nadajnikiem i odbiornikiem, była pomijalna w porównaniu z lokalną zmiennością fluktuacyjną sygnału. W praktyce długość odcinka linii, na którym jest określany rozkład krótkodystansowy, wynosi od 20 do 50 m.

Badania [3], [4] przeprowadzone na terenach linii kolejowych wykazały, że rozkład chwilowej wartości sygnału w.cz. na krótkim odcinku ma charakter zbliżony do rozkładu Rayleigha. Przybliżenie to jest większe przy niewielkich odległościach między nadajnikiem i odbiornikiem, gdzie zaznacza się wyraźna dominacja dwóch składowych wektorów natężenia pola (promień bezpośredni i odbity od ziemi). Przy większych odległościach między nadajnikiem i odbiornikiem, gdzie mamy do czynienia z wielodrogową propagacją sygnału, charakter rozkładu zbliża się do logarytmiczno-normalnego. Graniczne przebiegi rozkładów krótkodystansowych oraz przebieg średni są przedstawione w [4, rys. 17]. Rozkłady te są wyrysowane dla względnych przyrostów natężenia pola w stosunku do wartości centralnej, którą jest mediana.

Dla zapewnienia prawidłowych pomiarów parametrów w sposób zdalny trzeba przyjąć, że chwilowy poziom badanego sygnału nie powinien spadać poniżej progu czułości odbiornika pomiarowego. Założono, że warunek ten będzie spełniany, jeśli sygnał będzie się utrzymywał powyżej progu czułości odbiornika z prawdopodobieństwem co najmniej 95%. Z wspomnianego średniego rozkładu krótkodystansowego [4, rys. 7] można odczytać, że będzie to zachodziło, jeśli wartość medialna sygnału będzie wyższa od progu czułości odbiornika o co najmniej 9 dB. Spełnienie obliczonego warunku oznacza, że długość odcinka linii, na którym można dokonywać zdalnej oceny radiotelefonu, jest mniejsza od zasięgu łączności ograniczonego czułością odbiornika. Z krzywej propagacji zmierzonej dla terenu linii kolejowych w paśmie 150 MHz [4, rys. 6] można oszacować, że prawidłowe pomiary można wykonywać na odcinku odpowiadającym 2/3 zasięgu łączności w średnich warunkach propagacyjnych dla terenu linii kolejowych.

Jak wynika z zależności (1), przy stałej mocy sygnału dochodzącego w okolice punktu odbioru, średnia moc sygnału odbiorczego maleje wraz ze wzrostem wariancji rozkładu przestrzennego mocy. Jednocześnie wzrasta także dyspersja chwilowych wartości sygnału. W skrajnych warunkach czystego rozkładu Rayleigha konieczny margines pomiędzy poziomem mediany i poziomem użytecznego sygnału pomiarowego może wzrosnąć z 9 do 11,5 dB.

### 3. Koncepcja realizacji urządzenia pomiarowego

W wybranej metodzie zdalnego sprawdzania parametrów sieci łączności pociągowej PKP przyjęto, że urządzenie poza funkcją pomiarową powinno zapewniać możliwość nawiązywania łączności drogą radiową na kanałach przeznaczonych do łączności pociągowej. Aby spełnić ten warunek, w skład urządzenia włączono podzespoły typowego radiotelefonu pociągowego, takie jak zespół N/O, manipulator z mikrofonem oraz zasilacz. Założono, że wspólna antena radiotelefonu i testera będzie stałym wyposażeniem wagonu pomiarowego.

Zgodnie z założeniami podzespoły te mogą być odpowiednio zmodyfikowane. Konieczne zmiany w stosunku do zespołu N/O polegają na wyprowadzeniu na zewnątrz zespołu 3 dodatkowych kryteriów z niedostępnych punktów odbiornika oraz poprawieniu stabilności pracy jego zespołu detekcyjnego. Zmiany w zasilaczu mają na celu dostosowanie zasilacza do zasilania zarówno radiotelefonu jak i zespołu testera. Wiąże się to z koniecznością wytworzenia dodatkowych napięć.

Wszystkie elementy, a tym samym i funkcje manipulatora, postanowiono włączyć bezpośrednio do zespołu testera. Dzięki temu uproszczono obsługę urządzenia, grupując wszystkie organy manipulacyjne na płycie czołowej testera, oraz zmniejszono liczbę zespołów składowych urządzenia.

Ze względu na wymagane odczytywanie wyników pomiarów podczas jazdy wagonu po złych torach bez ograniczenia prędkości, w konstrukcji testera zrezygnowano ze stosowania przyrządów wskazówkowych do odczytywania wyników i zastosowano w tym celu kolorowe diody luminescencyjne, sygnalizujące war-



tości mierzonych parametrów. Ze względu na obsługę jednoosobową uznano za celowe wyposażenie testera w pamięć zamrażającą wynik ostatniego pomiaru. Rozważano potrzebę drukowania wyników pomiarów, jednakże z takiego rozwiązania zrezygnowano ze względu na duże przerwy czasu między kolejnymi pomiarami i łatwość ręcznego opisu wyników. Ze względu na chwilowe zaniki sygnału występujące w normalnych warunkach propagacyjnych, omówione w rozdziale 2, zdecydowano wprowadzić automatyczne blokowanie odczytu parametrów, gdy napięcie wejściowe w.c.z. spadnie poniżej granicznej wartości gwarantującej prawidłowy odczyt. Pozwala to prowadzić pomiary również w obszarze występowania chwilowych zaników natężenia pola, ponieważ pomiary

wątpliwe będą automatycznie eliminowane. Układ automatycznej eliminacji pomiarów niepewnych można wyłączyć. Dla uproszczenia obsługi testera zastosowano wspólne wyłączania powyższej eliminacji z wyłączaniem blokady szumów. W celu osiągnięcia dobrej stałości i dokładności częstotliwości zewu selektywnego nadawanego oraz dokładnego określenia częstotliwości zewu odbieranego wprowadzono kwarcową stabilizację częstotliwości.

W następnym numerze „Automatyki Kolejowej” przedstawimy koncepcję i praktyczną realizację urządzenia pomiarowego do zdalnego badania radiotelefonów sieci pociągowej.

*Piśmiennictwo na 3 stronie okładki*

mgr inż. JERZY MACHAJSKI

WSI w Radomiu

## Metoda obliczania liczby stanów pulpitu nastawczego usrk systemu E oraz jej wykorzystanie (artykuł dyskusyjny)

Projektując kolejowe pulpity nastawcze nie zastanawiamy się, ile różnych stanów może przyjmować konkretny pulpit. Znajomość tej liczby może okazać się przydatna przy obliczeniach liczby informacji, jaką odbiera dyżurny ruchu (dysponujący) podczas obsługi pulpitu. Należy sobie zdawać sprawę, iż obciążenie to jest dominujące na tym stanowisku i od jego stopnia zależy niezawodność pracy dyżurnego ruchu. Przy czym liczba informacji, jaką generuje dowolny pulpit, nie jest równa liczbie informacji, jaką odbiera dyżurny ruchu. Wynika to z funkcji kontrolnej, jaką spełniają usrk, oraz charakteru pracy dyżurnego ruchu, który w sposób wybiórczy pobiera informacje z pulpitu. Różnica tych liczb z matematycznego punktu widzenia będzie wynikała z różnych prawdopodobieństw występowania poszczególnych stanów. Mianowicie, przy liczeniu pojemności informacyjnej źródła<sup>1)</sup> jakim w tym przypadku będzie pulpit, przyjmujemy, iż prawdopodobieństwo występowania każdego stanu będzie jednakowe. Natomiast w przypadku liczby informacji odbieranej przez dyżurnego ruchu prawdopodobieństwo spostrzeżenia każdego stanu jest różne i zależy przede wszystkim od rozkładu jazdy danej stacji oraz procesu technologicznego pracy stacji. Dokładne wyznaczenie wielkości tych prawdopodobieństw jest praktycznie niemożliwe, dlatego też obliczenie liczby informacji w drugim przypadku jest możliwe tylko w sposób przybliżony. Jeżeli chodzi o pojemność informacyjną źródła, to jej znajomość może być wykorzystana np. do porównania pulpitu różnych systemów sterowania ruchem jako źródeł informacji.

Kolejowe pulpity nastawcze są projektowane indywidualnie dla każdej stacji i są praktycznie niepowtarzalne. Dlatego też znalezienie ogólnych wzorów umożliwiających obliczenie liczby stanów dowolnego pulpitu nastawczego nie jest sprawą łatwą. Zagadnienie to byłoby znacznie prostsze, gdyby wszystkie elementy sygnalizacyjne pulpitu zmieniały swoje stany niezależ-

nie od siebie. W tym przypadku liczbę stanów można by wyznaczyć ze wzoru:

$$S = s_1 \times s_2 \times s_3 \times \dots \times s_n \quad (1)$$

gdzie:

$S$  — liczba wszystkich możliwych stanów pulpitu,

$s_i$  — liczba możliwych stanów „i”-tego urządzenia sygnalizacyjnego,

$n$  — liczba urządzeń sygnalizacyjnych.

Jednak pulpity nastawcze są projektowane w ten sposób, że istnieje duża zależność występowania poszczególnych stanów, głównie ze względu na zapewnienie bezpieczeństwa ruchu kolejowego (np. brak możliwości podania sygnału zezwalającego, gdy w drodze przebiegu jest zajęty odcinek izolowany). Takie projektowanie pulpitu powoduje znaczne ograniczenie liczby ich możliwych stanów.

W dalszych rozważaniach ograniczymy się do poszukiwania zależności na obliczenie całkowitej liczby stanów możliwych do wygenerowania na pulpicie nastawczym urządzeń sterowania ruchem kolejowym systemu E. Przy czym problem zawężymy do bezawaryjnego działania urządzeń, czyli zakładamy, iż wszystkie przebiegi pociągowe i manewrowe odbywają się w oparciu o wskazania sygnalizatorów sterowanych z pulpitu nastawczego (pomijamy także sytuację, w których przebiegi są realizowane na sygnały zastępcze). Przyjmujemy takie założenie z uwagi na ograniczone możliwości prezentowania materiału w tego typu opracowaniach tym bardziej, iż wystarczy to do osiągnięcia założonego celu. Nie można jednak pominąć sytuacji awaryjnych przy kompleksowej ocenie pracy dyżurnego ruchu.

Liczba stanów możliwa do wygenerowania na pulpicie nastawczym zależy od liczby powtarzaczy semaforów i tarcz manewrowych oraz liczby odcinków izolowanych (zwrotnicowych i torowych). Jako podstawę do wyznaczenia całkowitej liczby stanów przyjmujemy liczbę stanów generowanych przez parę przebiegów manewrowych realizowanych na tor wolny jak i zaję-

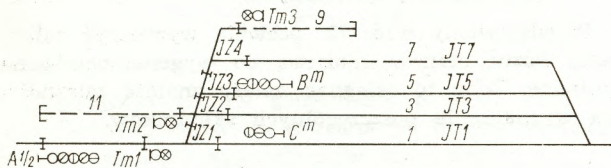
1) Pojemność informacyjną źródła należy rozumieć jako zdolność źródła do wydawania informacji



ty przez parę przebiegów pociągowych realizowanych po określonej drodze przebiegu. Należy więc wyznaczyć zależność na obliczenie liczby stanów dla pary przebiegów pociągowych i manewrowych realizowanych po drodze składającej się z „n” odcinków izolowanych.

Wyznaczając te zależności należy analizować drogi przebiegu składające się z różnej liczby odcinków izolowanych. Zgodnie z praktyką możemy przyjąć, iż najkrótsza droga przebiegu dla pary przebiegów manewrowych będzie składała się z jednego odcinka izolowanego, a dla przebiegu pociągowego najkrótsza droga przebiegu będzie składać się z trzech odcinków izolowanych.

Jako przykład sposobu przeprowadzania analizy posłuży droga przebiegu składająca się z 3 odcinków izolowanych, przy czym należy rozpatrzyć w przypadku przebiegów manewrowych trzy sytuacje (rys. 1):



Rys. 1. Szkic układu torowego na którym mogą być realizowane przebiegi po drodze składającej się z trzech odcinków izolowanych

- 1) droga przebiegu składająca się z samych odcinków izolowanych zwrotnicowych,
- 2) droga przebiegu składająca się z trzech odcinków izolowanych, w tym jednego torowego,
- 3) droga przebiegu składająca się z trzech odcinków izolowanych, w tym początkowy i końcowy jest odcinkiem torowym.

Dla ułatwienia analizy przyjmujemy następujące oznaczenia:

- 0 — odcinek torowy lub zwrotnicowy, utwierdzony,  
 1 — odcinek torowy lub zwrotnicowy zajęty,  
 C — odcinek torowy zwrotnicowy wolny,  
 A, B... — świci powtarzacz semafora A, B...,  
 Tm<sub>1</sub>, Tm<sub>2</sub>... — świci powtarzacz tarczy manewrowej 1, 2...,  
 B<sup>m</sup>, C<sup>m</sup>... — świci powtarzacz semafora B, C..., dla manewru.

W powyższym przypadku dla przebiegów manewrowych należy rozpatrzyć trzy sytuacje:

a) droga przebiegu składa się z samych odcinków izolowanych zwrotnicowych — przebieg z toru 11 na tor 9 i z toru 9 na tor 11,

| SYG                 | IZ <sub>2</sub> | IZ <sub>3</sub> | IZ <sub>4</sub> | SYG                  | IZ <sub>2</sub> | IZ <sub>3</sub> | IZ <sub>4</sub> |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| (1) Tm <sub>2</sub> | 0               | 0               | 0               | (8) Tm <sub>3</sub>  | 0               | 0               | 0               |
| (2) Tm <sub>2</sub> | 0               | 0               | 0               | (9) Tm <sub>3</sub>  | 0               | 0               | 1               |
| (3) Tm <sub>2</sub> | 1               | 0               | 0               | (10) Tm <sub>3</sub> | 0               | 1               | 1               |
| (4) Tm <sub>2</sub> | 1               | 1               | 0               | (11) Tm <sub>3</sub> | 1               | 1               | 1               |
| (5) Tm <sub>2</sub> | 1               | 1               | 1               | (12) Tm <sub>3</sub> | 1               | 1               | 0               |
| (6) Tm <sub>2</sub> | 0               | 1               | 1               | (13) Tm <sub>3</sub> | 1               | 0               | 0               |
| (7) Tm <sub>2</sub> | C               | C               | 1               | (14) Tm <sub>3</sub> | 0               | 1               | 0               |

b) droga przebiegu składa się z trzech odcinków izolowanych, w tym jednego odcinka izolowanego torowego — przebieg z toru 11 na tor 5 i z toru 5 na tor 11.

| SYG                 | IZ <sub>2</sub> | IZ <sub>3</sub> | IT5 | SYG                  | IZ <sub>2</sub> | IZ <sub>3</sub> | IT5 |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----|----------------------|-----------------|-----------------|-----|
| (1) Tm <sub>2</sub> | 0               | 0               | 0   | (9) Tm <sub>2</sub>  | 1               | 1               | 1   |
| (2) Tm <sub>2</sub> | 0               | 0               | 0   | (10) B <sup>m</sup>  | 0               | 1               | 1   |
| (3) Tm <sub>2</sub> | 1               | 0               | 0   | (11) B <sup>m</sup>  | 1               | 1               | 1   |
| (4) Tm <sub>2</sub> | 1               | 1               | 0   | (12) Tm <sub>2</sub> | 1               | 1               | 0   |
| (5) Tm <sub>2</sub> | 1               | 1               | 1   | (13) Tm <sub>2</sub> | 1               | 0               | 0   |
| (6) Tm <sub>2</sub> | 0               | 1               | 1   | (14) Tm <sub>2</sub> | 0               | 1               | 0   |
| (7) Tm <sub>2</sub> | C               | C               | 1   | (15) Tm <sub>2</sub> | 0               | 0               | 1   |
| (8) B <sup>m</sup>  | 0               | 0               | 1   | (16) Tm <sub>2</sub> | 1               | 0               | 1   |

c) droga przebiegu składająca się z trzech odcinków izolowanych w tym początkowy i końcowy są odcinkami torowymi — przebiegi spod Tm<sub>1</sub> na tor 1 i z toru 1 w kierunku Tm<sub>1</sub>,

| SYG                 | ITA | IZ <sub>1</sub> | IT1 | SYG                  | ITA | IZ <sub>1</sub> | IT1 |
|---------------------|-----|-----------------|-----|----------------------|-----|-----------------|-----|
| (1) Tm <sub>1</sub> | 1   | 0               | 0   | (9) Om               | 0   | 0               | 1   |
| (2) Tm <sub>1</sub> | 1   | 0               | 1   | (10) C <sup>m</sup>  | 1   | 1               | 1   |
| (3) Tm <sub>1</sub> | 0   | 0               | 0   | (11) Tm <sub>1</sub> | 1   | 1               | 0   |
| (4) Tm <sub>1</sub> | 1   | 1               | 1   | (12) Tm <sub>1</sub> | 1   | C               | C   |
| (5) Tm <sub>1</sub> | 0   | 1               | 1   | (13) Tm <sub>1</sub> | 0   | 1               | 0   |
| (6) Tm <sub>1</sub> | C   | C               | 1   | (14) Tm <sub>1</sub> | 1   | 0               | 1   |
| (7) C <sup>m</sup>  | 0   | 0               | 1   | (15) Tm <sub>1</sub> | 1   | 0               | 1   |
| (8) C <sup>m</sup>  | 0   | 0               | 1   | (16) C <sup>m</sup>  | 1   | 0               | 1   |

Liczba stanów dla rozpatrywanych przypadków kolejno wynosi: a) 14, b) 16, c) 16.

W przypadku przebiegów pociągowych należy postępować podobnie analizując przebieg spod semafora A na tor 1 i z toru 1 w kierunku semafora A.

| SYG   | ITA | IZ <sub>1</sub> | IT1 | SYG    | ITA | IZ <sub>1</sub> | IT1 |
|-------|-----|-----------------|-----|--------|-----|-----------------|-----|
| (1) A | 0   | 0               | 0   | (8) C  | 0   | 0               | 1   |
| (2) A | 0   | 0               | 0   | (9) C  | 0   | 0               | 1   |
| (3) A | 1   | 0               | 0   | (10) C | 0   | 1               | 1   |
| (4) A | 1   | 1               | 0   | (11) C | 1   | 1               | 1   |
| (5) A | 1   | 1               | 1   | (12) C | 1   | 1               | 0   |
| (6) A | 0   | 1               | 1   | (13) C | 1   | C               | C   |
| (7) A | C   | C               | 1   |        |     |                 |     |

Para przebiegów pociągowych po drodze składającej się z trzech odcinków izolowanych generuje 13 stanów. Należy jednak zauważyć, iż stany 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13 są identyczne ze stanami wygenerowanymi przez parę przebiegów manewrowych realizowaną po tej samej drodze, natomiast stan (5) i stan (11) są identyczne. W związku z tym należy przyjąć, iż para przebiegów pociągowych realizowanych po drodze składającej się z trzech odcinków izolowanych generuje 4 różne stany (1, 2, 8 i 5 lub 11).

Postępując analogicznie dla dróg przebiegu składających się z różnej liczby odcinków izolowanych otrzymamy następujące liczby stanów dla poszczególnych przebiegów (tabela 1).

Tabela 1

| Liczba odcinków izolowanych | Przebiegi manewrowe                 |                                |                                               | Przebiegi pociągowe |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|
|                             | odcinki izolowane tylko zwrotnicowe | jeden odcinek izolowany torowy | początkowy i końcowy odcinek izolowany torowy |                     |
| 1                           | 5                                   | —                              | —                                             | —                   |
| 2                           | 9                                   | 10                             | —                                             | —                   |
| 3                           | 14                                  | 16                             | 16                                            | 4                   |
| 4                           | 20                                  | 24                             | 24                                            | 4                   |
| 5                           | 27                                  | 34                             | 34                                            | 4                   |



Opierając się na uzyskanych liczbach stanów dla różnych dróg przebiegu możemy zauważyć pewne charakterystyczne prawidłowości<sup>2)</sup>.

1) dla przebiegów manewrowych realizowanych po drodze składającej się tylko z odcinków izolowanych zwrotnicowych,

$$S_n = \sum_{g=2}^{n+2} g \quad n = 1, 2, 3... \quad (2)$$

gdzie:

$S_n$  — liczba stanów generowanych przez parę przebiegów manewrowych realizowanych po drodze składającej się z  $n$  zwrotnicowych odcinków izolowanych,

$n$  — liczba zwrotnicowych odcinków izolowanych w danej drodze przebiegu.

2) dla przebiegów manewrowych, których droga przebiegu rozpoczyna się lub kończy (może zachodzić jednocześnie jeden i drugi przypadek) izolowanym odcinkiem torowym,

$$S_m = 4 + \sum_{h=1}^m 2h \quad m = 2, 3, 4... \quad (3)$$

gdzie:

$S_m$  — liczba stanów generowanych, przez parę przebiegów manewrowych realizowaną po drodze, w której skład wchodzi na początku lub na końcu przynajmniej jeden izolowany odcinek torowy,

$m$  — liczba odcinków izolowanych w danym rodzaju przebiegów manewrowych.

Ponadto należy zauważyć, iż niezależnie od liczby odcinków izolowanych, wchodzących w skład drogi przebiegu, para przebiegów pociągowych generuje 4 różne stany (2 — wyjazd, 1 — wyjazd i 1 zarówno wjazd i wyjazd). Jest rzeczą oczywistą, iż para przebiegów pociągowych generuje także inne stany, ale te zostały uwzględnione przy przebiegach manewrowych. W praktyce istnieją także drogi przebiegu, po których odbywają się tylko przebiegi pociągowe. Wtedy liczbę stanów dla tego typu przebiegów wyznaczamy z zależności:

$$S_{n_p} = 2n_p \quad (4)$$

gdzie:

$S_{n_p}$  — liczba stanów generowanych podczas realizacji przebiegu pociągowego (wyjazdowego) po drodze składającej się z  $n_p$  odcinków izolowanych, gdy na tej drodze nie odbywają się przebiegi manewrowe.

Znając liczbę stanów generowaną przez poszczególne pary przebiegów manewrowych oraz liczbę stanów generowanych przez pary przebiegów pociągowych można przystąpić do wyznaczenia całkowitej liczby stanów generowanych na pulpicie. Liczba ta będzie sumą powstałą w wyniku dodania liczby stanów jakie może przyjmować pulpit, gdy w rejonie stacji nie znajduje się żaden pojazd kolejowy (wszystkie tory izolowane na stacji są wolne), liczby stanów generowanych podczas realizacji przebiegów pojedyn-

czych, liczby stanów generowanych podczas realizacji przebiegów bez zatrzymania oraz liczby stanów generowanych podczas realizacji przebiegów jednoczesnych. Można to zapisać w postaci wzoru:

$$S = S_0 + S_P + S_{BZ} + S_J \quad (5)$$

gdzie:

$S$  — całkowita liczba stanów jakie można wygenerować na pulpicie danej stacji,

$S_0$  — liczba stanów jakie może przyjmować pulpit, gdy wszystkie izolowane tory stacji są wolne,

$S_P$  — liczba stanów generowanych podczas realizacji przebiegów pojedynczych,

$S_{BZ}$  — liczba stanów generowanych podczas realizacji przebiegów bez zatrzymania,

$S_J$  — liczba stanów generowanych podczas realizacji przebiegów jednoczesnych.

Przedstawiony wzór (5) pozwala wyznaczyć całkowitą liczbę stanów, możliwą do wygenerowania na pulpicie. Żeby to osiągnąć należy znaleźć zależności na wyznaczenie poszczególnych składników.

## 1. Liczba stanów pulpitu, gdy wszystkie izolowane tory stacji są wolne.

Przy rozpatrywaniu konkretnej stacji powyższa liczba będzie zależała od liczby zwrotnic i wykolejnic wchodzących w skład danego układu torowego. Zakładając, iż każda zwrotnica lub wykolejnica może przyjmować dwa położenia (założyliśmy bezawaryjne działanie wszystkich urządzeń) zależność tę można przedstawić następująco:

$$S_0 = 2^z \quad (6)$$

gdzie:

$z$  — liczba zwrotnic i wykolejnic danej stacji (zwrotnice i wykolejnice sprzężone ze sobą traktujemy jako jedną).

## 2. Liczba stanów pulpitu generowanych podczas realizacji przebiegów pojedynczych

Przebiegi pojedyncze generują stany, których liczba jest sumą liczby stanów generowanych przez pojedyncze przebiegi pociągowe i pojedyncze przebiegi manewrowe. Możemy to zapisać następująco:

$$S_P = S_{PP} + S_{PM} \quad (7)$$

gdzie:

$S_{PP}$  — liczba stanów generowanych przez pojedyncze przebiegi pociągowe,

$S_{PM}$  — liczba stanów generowanych przez pojedyncze przebiegi manewrowe.

Zależności na wyznaczenie  $S_{PP}$  i  $S_{PM}$  będą miały postać sumy iloczynów:

- liczby stanów poszczególnych przebiegów,
- liczby możliwych położenia zwrotnic i wykolejnic nie uczestniczących w danym przebiegu,
- liczby możliwych stanów torów izolowanych stacji na których nie odbywa się przebieg.

2) Cała metoda z wyprowadzanymi wzorami jest w maszynopisie



### 3. Liczba stanów pulpitu generowanych podczas realizacji przebiegów bez zatrzymania

Liczba stanów generowanych przez przebiegi bez zatrzymania będzie zależała od liczby odcinków izolowanych przejeżdżanych podczas realizacji tych przebiegów. W celu znalezienia uniwersalnej zależności na obliczanie tej liczby należy postąpić analogicznie, jak przy wyznaczaniu liczby stanów dla jednej pary przebiegów. Nie można traktować jednej pary przebiegu bez zatrzymania jako prostej sumy dwóch przebiegów pojedynczych. Należy wyselekcjonować te stany z tego rodzaju przebiegów, które nie zostały uwzględnione przy rozpatrywaniu przebiegów pojedynczych. Dokonując podobnej analizy jak przy wyznaczaniu liczby stanów dla poszczególnych przebiegów w zależności od liczby odcinków izolowanych wchodzących w skład drogi przebiegu otrzymamy następujący wzór:

$$S_{n_{BZ}} = 2n_{BZ} + 5 \quad (8)$$

gdzie:

$S_{n_{BZ}}$  — liczba stanów generowanych przez parę bez zatrzymania realizowaną po drodze składającej się z  $n_{BZ}$  odcinków izolowanych.

Dysponując zależnością (8) można wyznaczyć całkowitą liczbę stanów generowanych podczas realizacji przebiegów bez zatrzymania.

$$S_{BZ} = 2^{i-1} \sum_{i_{BZ}=1}^{N_{BZ}} S_{i_{BZ}} \times 2^{m_{i_{BZ}}} \quad (9)$$

gdzie:

$S_{i_{BZ}}$  — liczba stanów generowanych przez  $i$ -tą parę przebiegów bez zatrzymania,

$m_{i_{BZ}}$  — liczba zwrotnic i wykolejnic, których położenie może być dowolne podczas realizacji  $i$ -tego przebiegu bez zatrzymania,

$N_{BZ}$  — liczba par przebiegów bez zatrzymania danej stacji.

### 4. Liczba stanów pulpitu generowanych podczas realizacji przebiegów jednoczesnych

W rozpatrywanym przypadku liczba ta będzie sumą stanów generowanych podczas jednoczesnej realizacji przebiegów pociągowych, stanów generowanych podczas jednoczesnej realizacji przebiegów manewrowych oraz stanów generowanych podczas jednoczesnej

realizacji przebiegów pociągowych i manewrowych. Można to zapisać w postaci:

$$S_J = S_{JP} + S_{JM} + S_{JPM} \quad (10)$$

gdzie:

$S_{JP}$  — liczba stanów generowanych podczas jednoczesnej realizacji przebiegów pociągowych,

$S_{JM}$  — liczba stanów generowanych podczas jednoczesnej realizacji przebiegów manewrowych,

$S_{JPM}$  — liczba stanów generowanych podczas jednoczesnej realizacji przebiegów pociągowych i manewrowych.

Wzory na wyznaczenie poszczególnych składników ( $S_{JP}$ ,  $S_{JM}$ ,  $S_{JPM}$ ) będą miały podobnie jak w przypadku przebiegów pojedynczych postać sumy iloczynów:

— liczby stanów poszczególnych przebiegów, przy czym liczba tych czynników będzie zależała od liczby jednocześnie realizowanych przebiegów,

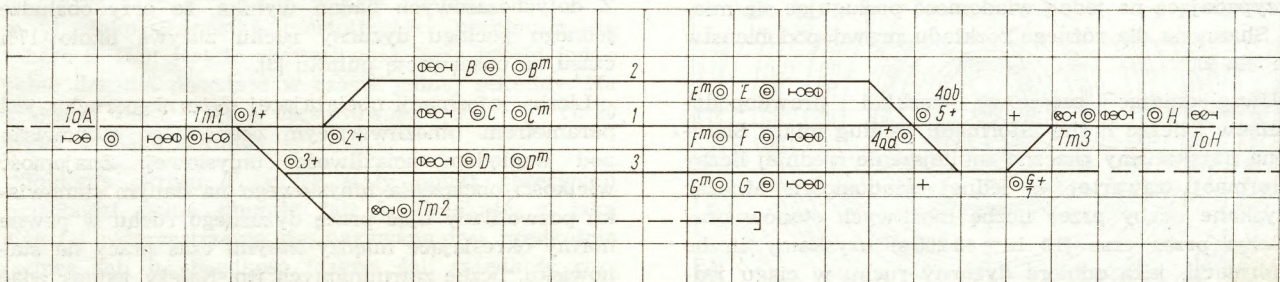
— liczby możliwych położów zwrotnic i wykolejnic nie uczestniczących w realizowanych przebiegach,

— liczby możliwych stanów torów izolowanych stacji, na które nie są realizowane przebiegi.

Przedstawiona powyżej metoda umożliwia obliczanie liczby wszystkich stanów, jakie może przyjąć dowolny pulpit nastawczy systemu E. Trzeba sobie zdawać sprawę, iż wyznaczenie tej liczby jest bardzo czasochłonne szczególnie w przypadku dużych stacji o skomplikowanym układzie torowym, na których liczba możliwych przebiegów jest znaczna. W praktycznych obliczeniach niezbędne jest przy tej metodzie posługiwanie się tablicą zależności, z której można odczytać wszystkie dane potrzebne do przeprowadzenia obliczeń.

Dla pełniejszego zaprezentowania materiału przedstawimy dane uzyskane w wyniku zastosowania powyższej metody, dla stacji, której plan pulpitu nastawczego jest przedstawiony na rys. 2, oraz pokażemy możliwości wykorzystania znajomości liczby stanów danego pulpitu. Wyznamy w pierwszym przypadku liczbę stanów, jaką mógłby przyjąć powyższy pulpit, jeżeli każdy z elementów sygnalizacyjnych mógłby przyjmować dowolny stan niezależnie od stanu innych elementów. Na pulpicie znajdują się następujące elementy sygnalizacyjne:

- semafor (A, H)  $q_1 = 2$ , mogą przyjmować  $s_1 = 2$  stanów,
- semafor (B, C, D, E, F, G)  $q_2 = 6$ ,  $s_2 = 3$



Rys. 2. Fragment pulpitu nastawczego



- tarcze manewrowe ( $T_m 1, 2, 3$ )  $q_3 = 3$ ,  $s_3 = 2$ ,
- zwrotnice  $q_4 = 8$ ,  $s_4 = 2$ ,
- odcinki torowe izolowane  $q_5 = 5$ ,  $s_5 = 3$ .

$$S = s_1^{q_1} \times s_2^{q_2} \times s_3^{q_3} \times s_4^{q_4} \times s_5^{q_5} = 2^2 \times 3^6 \times 2^3 \times 2^8 \times 3^5 = 1451,2 \times 10^6$$

Uzyskana liczba wskazuje, jak wielką zdolność do wydawania informacji miałby pulpit, którego wszystkie elementy byłyby od siebie niezależne, a sterowanie za pomocą takiego pulpitu byłoby rzeczą niemożliwą. W kolejowych pulpitych nastawczych liczba możliwych stanów jest znacznie mniejsza w wyniku uzależnienia od siebie występowania poszczególnych stanów oraz wykluczenia pojawienia się znacznej liczby stanów. Dla przedstawionego pulpitu rzeczywista liczba możliwych stanów, obliczona według prezentowanej wcześniej metody, wynosi 143 446, co stanowi około 1 promila liczby stanów liczonych w pierwszym przypadku. Przy czym udział poszczególnych rodzajów przebiegów w generowaniu stanów jest następujący:

- przebiegi pojedyncze  $S_p = 12\,608$ , w tym pojedyncze przebiegi pociągowe  $S_{pp} = 2240$ , a pojedyncze przebiegi manewrowe  $S_{PM} = 10\,368$ ,
- przebiegi jednoczesne  $S_j = 130\,774$ , w tym przebiegi jednoczesne pociągowe  $S_{jp} = 2144$ , jednoczesne manewrowe  $S_{JM} = 100\,096$ , jednoczesne pociągowe i manewrowe 28 138,
- nie jest realizowany przebieg i izolowane tory stacji są wolne  $S_c = 64$ .

Ponadto na rozpatrywanej stacji nie odbywają się przebiegi bez zatrzymania  $S_{BZ} = 0$ .

Stopień obciążenia dyżurnego ruchu można określić liczbą informacji, jakie musi odbierać w sekundzie pracy. Według dotychczasowych badań człowiek jest w stanie odebrać za pomocą analizatora wzrokowego max 100 bitów informacji (1). Powyższe wielkości można określić wg miary Hartleya lub Shannona. Bliższa rzeczywistości jest liczba informacji liczona według miary Shannona, która uwzględnia prawdopodobieństwa występowania poszczególnych wiadomości (stanów) [2]. Wyznaczenie tych prawdopodobieństw w przypadku pulpitu kolejowych jest praktycznie niemożliwe, chociaż można je określić szacunkowo posługując się rozkładem jazdy i planem technologicznym pracy stacji. Jest rzeczą oczywistą, iż znaczna liczba stanów nie występuje w ogóle (w ciągu sekundy pulpit generowałby prawie cztery stany), część występuje kilka razy, a część kilkadziesiąt razy. Do dalszych obliczeń przyjmujemy, iż liczba stanów rzeczywiście generowanych na pulpicie wynosi 1000 (wyznaczenie rzeczywistej liczby stanów wymaga analizy wszystkich przebiegów realizowanych w czasie 12 h). W oparciu o to założenie obliczymy liczbę informacji przypadającą na jedną wiadomość posługując się miarą Shannona dla różnego rozkładu prawdopodobieństw (tabela 2).

Uwzględniając częściowo rozkład prawdopodobieństw i licząc liczbę informacji według miary Shannona uzyskaliśmy znaczne zmniejszenie średniej liczby informacji zawartej w jednej wiadomości. Mnożąc uzyskane liczby przez liczbę możliwych stanów oraz dzieląc przez czas (12 h = 43 200 s) uzyskamy liczbę informacji, jaką odbiera dyżurny ruchu w ciągu jednej sekundy. Dla  $I_{sr} = 10,1$  liczba ta równa się około 33,5 bita/s.

Tabela 2

| Łączne prawdopodobieństwo występowania 1000 stanów | Łączne prawdopodobieństwo występowania 142 446 stanów | Średnia liczba informacji $I_{sr}$ (bit) |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 0,91                                               | 0,09                                                  | 11,0                                     |
| 0,93                                               | 0,07                                                  | 10,8                                     |
| 0,95                                               | 0,05                                                  | 10,6                                     |
| 0,97                                               | 0,03                                                  | 10,4                                     |
| 0,99                                               | 0,01                                                  | 10,1                                     |

Uzyskana liczba informacji, jaką odbiera dyżurny ruchu obsługujący rozpatrywany pulpit w ciągu jednej sekundy, mieści się w zakresie umożliwiającym odebranie tych wiadomości bez przeciążenia. Należałoby sobie jednak zadać pytanie, czy uzyskana liczba jest rzeczywistą ilością informacji, jaką odbiera obsługujący pulpit? Odpowiedź na to pytanie musi być negatywna, gdyż liczba ta zawiera jeszcze nadmiar informacji. Wynika to z tego, iż rozpatrując powyższy przypadek założyliśmy, że wszystkie wiadomości (stany) są niezależne od siebie, a co nie jest zgodne z rzeczywistością. W przypadku źródeł informacji, jakim są pulpity nastawcze, istnieje ścisła zależność między poszczególnymi stanami. Dlatego też, liczbę informacji w tym przypadku należałoby obliczyć ze wzoru (3):

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \sum_{j=1}^n p_{ij} \times \log_2 p_{ij}$$

Z uwagi na to, iż wyznaczenie wszystkich wzajemnych zależności między poszczególnymi stanami jest niemożliwe, dlatego też liczenie liczby informacji musi opierać się na pewnych szacunkach, a uzyskana w ten sposób liczba będzie tylko wartością przybliżoną do rzeczywistej wartości liczby informacji.

Zaprezentowana powyżej metoda umożliwia wyznaczenie liczby wszystkich możliwych stanów dowolnego pulpitu urządzeń sterowania ruchem kolejowym systemu E. Uzyskana w ten sposób liczba może być podstawą do obliczeń:

- a) pojemności informacyjnej źródeł, jakimi są kolejowe pulpity nastawcze,
- b) liczby informacji obciążającej dyżurnego ruchu.

Znajomość pojemności informacyjnej źródła może być wykorzystana do porównania pulpitu w różnych systemach sterowania ruchem. Jest to istotne o tyle, iż pojemności informacyjne obecnych pulpitu są znaczne, a w praktyce wykorzystanie informacji z tego typu źródeł przez dyżurnych ruchu jest niewielkie. Z dotychczasowych badań wynika, że przy obsłudze jednego pociągu dyżurny ruchu zużywa około 17% czasu na obserwację pulpitu [3].

Liczba informacji obciążającej dyżurnego ruchu jest parametrem umożliwiającym ocenę tego stanowiska pod względem uciążliwości umysłowej. Znajomość wielkości obciążenia umysłowego na danym stanowisku pozwoliłaby ująć pracę dyżurnego ruchu w pewne normy określające między innymi czas pracy na stanowisku, liczbę zatrudnionych itp. Należy jednak zdać sobie sprawę, iż wyznaczenie rzeczywistej liczby informacji jest rzeczą praktycznie niemożliwą z uwagi na



trudności określenia rzeczywistych prawdopodobieństw występowania poszczególnych stanów. Można je określić w sposób przybliżony posługując się dokumentacją danej stacji, obserwując pracę dyżurnego ruchu i awaryjność urządzeń srk. Ponadto pulpity nastawczy nie jest jedynym źródłem informacji obciążającym dyżurnego ruchu. Znacznie bardziej obciążającym rodzajem informacji są informacje dochodzące za pomocą słowa mówionego oraz informacje na piśmie. Całkowita liczba informacji będzie więc sumą liczb określających liczbę informacji ze wszystkich źródeł.

doc. dr STEFAN KONARSKI

Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju  
Techniki Kolejnictwa, Warszawa

## Promieniowanie elektromagnetyczne Część I

Każde ciało o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego ( $-273,16^{\circ}\text{C}$ ) jest źródłem promieniowania. Promieniowanie to ma charakter fal elektromagnetycznych.

Fale elektromagnetyczne charakteryzują się tymi samymi parametrami co i mechaniczne drgania harmoniczne.

Jeżeli punkt materialny wykonuje drgania harmoniczne wokół położenia równowagi, to wielkość wychYLENIA  $y$  od tego położenia dla dowolnego czasu  $t$  wyrazi się wzorem:

$$y(t) = A \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} + \varphi \right) \quad (1)$$

gdzie:

- $A$  — amplituda drgań (największe wychylenie od położenia równowagi),
- $T$  — okres drgań (czas trwania jednego pełnego drgania),
- $\varphi$  — faza początkowa (wielkość określająca wychylenie katowe od położenia równowagi w momencie początkowym, gdy  $t = 0$ ).

Odkładając na osi odciętych czas  $t$ , a na osi rzędnych wychylenie  $y$  otrzymamy wykres drgań harmonicznych prostych (rys. 1).

Wielkość  $2\pi \left( \frac{t}{T} + \varphi \right)$  nazywa się fazą drgania w chwili  $t$ .

Po każdym pełnym okresie, tj. dla  $t$  równego  $T$ ,  $2T$ ,  $3T$  itd., wychylenia  $y$  są sobie równe pod względem wielkości i znaku, na przykład w czasie  $t_1$  i  $t_2$  (rys. 1). Odpowiada to jednakowym fazom drgań.

Liczbę pełnych okresów drgań w jednostce czasu nazywamy **częstotliwością drgań** i oznaczamy przez  $\nu$ . Wielekość ta jest odwrotnością okresu drgań ( $\nu = \frac{1}{T}$ ). Jako jednostkę częstotliwości przyjmuje się 1 herc (1 Hz); jest to częstotliwość, przy której jedno pełne drganie powstaje w czasie jednej sekundy. Na przykład dla  $T = 0,2$  s, częstotliwość  $\nu = 20 \text{ s}^{-1}$ , tj. 20 drgań w ciągu sekundy.

Podczas okresu  $T$ , przez stały punkt obserwacji przechodzi pełna długość fali  $\lambda$ . Prędkość, z jaką ciąg fal rozprzestrzenia się, nazywana jest prędkością fazową fali  $v_f$ . Prędkość fazowa fali (prędkość rozchodzenia się ruchu falowego) odpowiada odległości, na jaką rozprzestrzeni się fala w jednostce czasu:

### Piśmiennictwo

- [1] Afonin W. A., Dmitrijew W. I., Tiemnikow F. E.: *Podstawy techniki informacyjnej*. WNT, Warszawa 1974.
- [2] Abramson N.: *Teoria informacji i kodowania*. PWN, Warszawa 1969.
- [3] Biskup E., Dydyńska K., Gustowska I., Kopczyk-Myszlon T.: *Wybrane zagadnienia z medycyny i psychologii pracy najważniejszych zawodów na PKP*. Zbiór prac COZ, Warszawa 1968.
- [4] Paluszkiewicz L.: *Ergonomiczne właściwości urządzeń sygnalizacyjnych i sterowniczych*. IW CRZZ, Warszawa 1975.

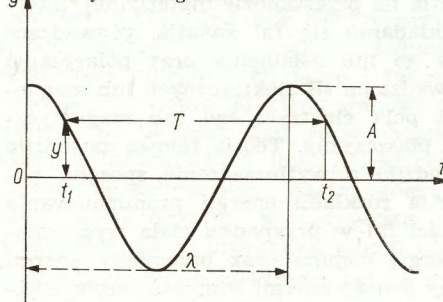
$v_f = \lambda/T$ . W próżni prędkość fazowa  $v_f = c$  i jest niezależna od długości fali, gdzie  $c$  — prędkość światła w próżni. W ośrodku materialnym  $v_f = c/n$ , gdzie  $n$  — współczynnik załamania danego ośrodka, którego wartość zależy od długości fali.

Rozchodzenia się fal schematycznie przedstawiono na rys. 2. Fale rozchodzą się kuliście. Środkiem tych kulistych fal jest źródło promieniowania.

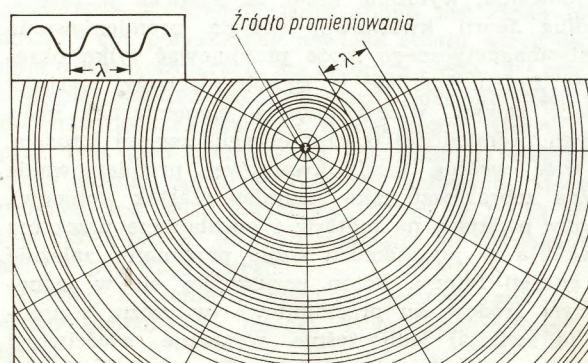
### 1. Dualizm korpuskularno-falowy zjawiska promieniowania

We współczesnej fizyce powstaje dwoistość w objaśnianiu zjawisk promieniowania. W pewnych procesach przejawia się ono jako ciągle zmiany okresowe pola sił, w innych zaś zachowuje się jak energia skupiona w pewnym miejscu przestrzeni, tj. jak cząstka.

Rys. 1. Drgania harmoniczne



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie rozchodzenia się fal





Według teorii falowej promieniowanie elektromagnetyczne polega na rozchodzeniu się fal. Fale te rozchodzą się z prędkością graniczną, to jest największą, jaka może występować w danym ośrodku — z prędkością światła, wynoszącą w próżni i w rozrzedzonych ośrodkach gazowych (a więc i w powietrzu) prawie 300 000 km/s, w wodzie 225 000 km/s, a w diamencie tylko 124 000 km/s.

W miarę jak fala rozchodzi się coraz dalej we wszystkich kierunkach przestrzeni trójwymiarowej, jej energia przypadająca na jednostkę objętości zmienia się w sposób ciągły w stosunku odwrotnym do kwadratu odległości od źródła promieniowania.

Ciągły przebieg falowy drgań elektromagnetycznych, powstających w otoczeniu źródła promieniowania, stanowi podstawę falowej teorii promieniowania. Na długo przed opracowaniem teorii pola elektromagnetycznego w przestrzeni Ch. Huyghens zastosował teorię falową do wyłożenia sposobu rozprzestrzeniania się światła (1690 r.). Podobnie jak dokoła miejsca, w którym upadł do wody kamień, powstają w wyniku ruchu cząsteczek wody współśrodkowe kręgi o rosnącym promieniu, tak również wokół źródła falowania wytwarzają się współśrodkowe kuliste powierzchnie falowe o promieniu wzrastającym w sposób stały i ciągły. Ponieważ energia świetlna na powierzchni kulistej ma stałą wartość, przeto natężenie oświetlenia, tj. ilość światła padającego w określonej odległości od źródła na jednostkę powierzchni, musi zmniejszać się proporcjonalnie w miarę wzrostu powierzchni kulistej. Powierzchnia kuli jest wprost proporcjonalna do kwadratu jej promienia, w związku z czym natężenie oświetlenia maleje proporcjonalnie do kwadratu odległości danego miejsca od źródła światła.

Prócz objaśnienia zjawiska zmniejszania się natężenia oświetlenia, teoria falowa Huyghensa łącznie z teorią pola elektromagnetycznego była w stanie wyjaśnić szereg dalszych zjawisk świetlnych, takich jak ugięcie światła na przeszkodzie materialnej, interferencja, tj. nakładanie się fal światła, prowadzące do wzmocnienia go lub osłabienia oraz polaryzacja światła, tj. sprowadzanie sił elektrycznych lub magnetycznych (drgań pola elektrycznego lub magnetycznego) do jednej płaszczyzny. Teoria falowa zawodziła jednak, gdy chodziło o wytłumaczenie sposobu powstawania światła rozkładu energii promieniowania w funkcji długości fal w przypadku ciała wypromieniowującego energię cieplną oraz przemiany energii świetlnej w inny rodzaj energii (np. w energię elektryczną).

Trudności te usunęła dopiero kwantowa teoria promieniowania, wyłożona przez M. Plancka w 1900 r. Według teorii kwantowej energia promieniowania elektromagnetycznego może przyjmować tylko określone, zmieniające się w sposób nieciągły, wartości będące zawsze wielokrotnością elementarnej ilości energii promienistej (kwant energii) zwanej fotonem. A więc według teorii kwantowej promieniowanie można zobrazować jako strumień cząstek (fotonów). Fotony padające na materię i pochłaniane przez nią wywołują w jej atomach różne przemiany, zależnie od energii fotonu. Foton poruszający się w jednorodnym środowisku prostoliniowo (w próżni z prędkością światła) jednocześnie wykazuje właściwości falowe w reakcji z atomami ośrodka; w szczególności

jego energia jest proporcjonalna do częstotliwości drgań.

Oba sposoby — falowy i kwantowy — przedstawiają istoty promieniowania i liczbowego ujmowania zjawisk świetlnych wiąże współczesna fizyka za pomocą tak zwanej stałej Plancka. Stała Plancka  $h$  jest to jedna z podstawowych stałych przyrody, mająca wymiar jednostki energii pomnożonej przez jednostkę czasu ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ); liczba wyrażająca częstotliwość  $\nu$  dowolnego promieniowania, pomnożona przez stałą Plancka  $h$  daje energię  $E$  fotonu danego promieniowania:  $E = h \cdot \nu = h \cdot c/\lambda$ .

Im większą częstotliwość ma promieniowanie, czyli im krótsza jest jego fala, tym więcej energii ma foton takiego promieniowania lub tym większy ma kwant energii.

Z zależności Einsteina:  $E = m \cdot c^2$ , która mówi, iż wewnętrzna energia materii równa jest iloczynowi bezwładnej masy tej materii przez kwadrat prędkości światła, wynika, że masa fotonu  $m_f = h\nu/c^2 = h/c \cdot \lambda$ . Tak więc masa fotonu jest wprost proporcjonalna do częstotliwości promieniowania, czyli ze wzrostem masy fotonu jego energia rośnie.

Mechanizm niektórych zjawisk daje się łatwo zobrazować jedynie teorią falową, innych zaś — kwantową. Na przykład za pomocą teorii falowej potrafimy łatwo zobrazować mechanizm zjawiska polaryzacji lub interferencji. Natomiast zjawiska fotoelektryczne, fotochemiczne i inne zjawiska przekształcania energii promienistej można łatwo wyjaśnić za pomocą teorii kwantowej promieniowania.

W gruncie rzeczy promieniowanie nie jest ani falowe, ani korpuskularne, są to tylko uświadczanie modelowego przedstawienia mechanizmu zjawisk energii promienistej.

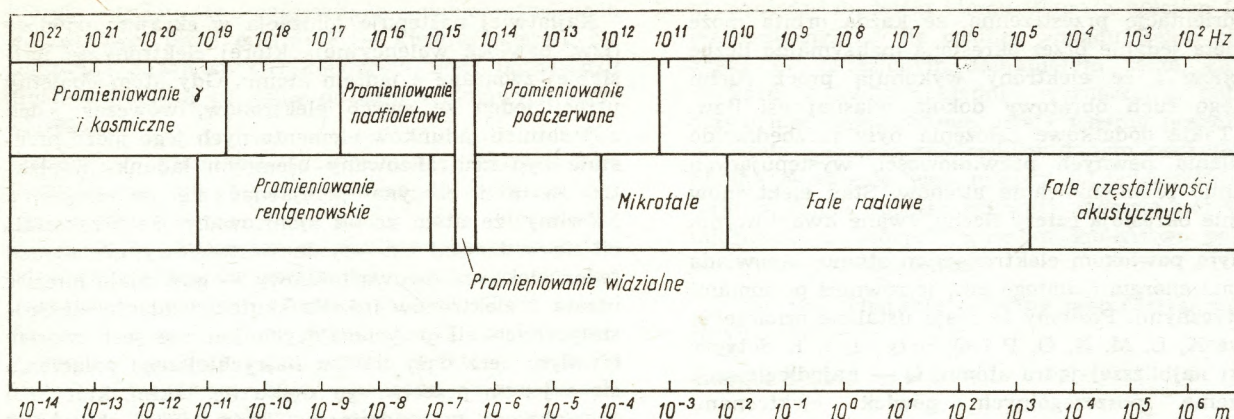
## 2. Widmo promieniowania

Eksperymentalnie stwierdzono istnienie promieniowania elektromagnetycznego o długości fali od  $10^{+8} \text{ m}$  (fale elektromagnetyczne o częstotliwościach akustycznych) do długości rzędu  $10^{-15} \text{ m}$  (promieniowanie kosmiczne). Istnienie fal elektromagnetycznych wykazał doświadczalnie Hertz (1887 r.), a jego teorię opracował wcześniej (1865 r.) Maxwell.

Wszystkie znane zakresy promieniowania elektromagnetycznego, uporządkowane wg długości fali, tworzą widmo fal elektromagnetycznych (rys. 3). Widmo to dzieli się na kilka zakresów w zależności od sposobu wytwarzania lub oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego. Jak widać w rys. 3, niektóre zakresy częściowo się pokrywają, np. promieniowanie podczerwone i mikrofalowe, promieniowanie rentgenowskie pokrywa się częściowo z zakresem nadfioletu i promieniowaniem gamma. Własności fizyczne promieniowania o tej samej długości fali są identyczne i kwestia, do którego z zakresów należy zaliczyć określone wyżej wspólne obszary promieniowań zależy od sposobu jego wytwarzania lub wykrywania. Istotny jest również rozdział obszarów promieniowania, które pod względem fizycznym są identyczne, lecz ich oddziaływanie fizjologiczne jest różne, jak np. promieniowanie widzialne i promieniowanie nadfioletowe bądź podczerwone.

Promieniowanie może być monochromatyczne lub złożone. Promieniowaniem monochromatycznym na-





Rys. 3. Widmo fal elektromagnetycznych

zywamy promieniowanie o jednej częstotliwości, a praktycznie biorąc promieniowanie mieszczące się w małym zakresie częstotliwości. Promieniowaniem złożonym nazywamy wiązkę złożoną z dowolnej liczby promieniowań monochromatycznych. Udział poszczególnych częstotliwości promieniowań monochromatycznych wchodzących w skład promieniowania złożonego można określić na podstawie widma, tj. obrazu powstałego wskutek rozszczepienia promieniowania złożonego na jego składniki monochromatyczne.

Ze względu na charakter widma pod względem rozkładu energii promienistej rozróżniamy:

- widma liniowe składające się ze zbioru linii o różnej długości fal i określonej wartości mocy promienistej;
- widma pasmowe o wydzielonych zakresach promieniowania i nieciągłej zmianie wartości mocy promienistej na krawędziach pasm;
- widma ciągłe o zmianie ciągłej wartości mocy promienistej w funkcji długości fali.

Widma liniowe powstają podczas wzbudzenia par i gazów, zbudowanych z jednakowych atomów. Widma pasmowe są związane ze zmianą stanów energetycznych wieloatomowych cząsteczek par i gazów.

Widma ciągłe powstają przy promieniowaniu nagranych gazów pod bardzo dużymi ciśnieniami oraz przy promieniowaniu nagranych cieczy i ciał stałych.

Widmo promieniowania wysyłanego przez ciała nosi nazwę widma emisyjnego. Przy przechodzeniu promieniowania przez ośrodek materialny pewne długości fali lub pasma mogą zostać pochłonięte. Widmo pozabawione tych zakresów długości fali nosi nazwę widma absorpcyjnego.

### 3. Istota promieniowania

Źródłem powstawania energii promienistej są przemiany energetyczne powstające w zewnętrznych warstwach powłoki elektronowej atomów.

Atomy poszczególnych pierwiastków różnią się swymi właściwościami, zwłaszcza masą, przy czym dwa lub więcej atomów tego samego pierwiastka lub pierwiastków różnych wiąże się w cząsteczkę.

Na podstawie doświadczeń dotyczących przenikania promieniowania radioaktywnego przez materię E. Rutherford (1913 r.) wyprowadził wnioski odnoszące się do budowy atomu. Wysunął on przypuszczenie, że

praktycznie cała masa atomu jest skupiona w jądrze, które składa się z nukleonów (protonów o ładunku dodatnim i neutronów obojętnych elektrycznie) i zajmuje bardzo małą przestrzeń. Tak np. dla uranu, którego masa wynosi około  $4 \cdot 10^{-22}$  g, a objętość około  $4 \cdot 10^{-42}$  m<sup>3</sup>, 1 cm<sup>3</sup> substancji jądrowej ma masę rzędu wielkości 10<sup>8</sup> ton.

Ładunek jądra równa się iloczynowi  $Z \cdot e$ , gdzie  $Z$  oznacza liczbę atomową pierwiastka, a  $e$  — elementarny ładunek elektryczny protonu, którego wartość wynosi  $1,602 \cdot 10^{-19}$  kulomba (A · s). Liczba nukleonów w jądrze nazywa się liczbą masową. Pierwiastki o tej samej liczbie atomowej, lecz różnych liczbach masowych nazywają się izotopami.

Jądro atomu wodoru ma zatem 1 elementarny dodatni ładunek elektryczny. W związku z tym wodór jest pierwszym pierwiastkiem w okresowym układzie pierwiastków, podczas gdy jądro atomu uranu ma 92 takie ładunki.

Gdy atom jest obojętny, tj. wykazuje wobec otoczenia cechy tworzywa nie naładowanego elektrycznie, wówczas dodatni ładunek elektryczny jego jądra jest zrównoważony przez ujemny ładunek elektryczny elektronów obiegających jądro i tworzących powłokę elektronową atomu. Elektron stanowi cząstkę elementarną (równą  $1e$ ). Wynika stąd, że w obojętnym elektrycznym o najmniejszej ilości elektryczności ujemnej nie atomie dokoła jądra krąży ogółem  $Z$  elektronów, czyli jeden elektron w przypadku atomu wodoru, a 92 elektrony w przypadku atomu uranu.

Chociaż ładunek elektronu jest co do wartości bezwzględnej równy ładunkowi protonu, masa elektronu jest znacznie mniejsza, stanowi bowiem 1 (1836 masy protonu, tj.  $9,1 \cdot 10^{-28}$  g (masa protonu wynosi  $1,673 \cdot 10^{-24}$  g). Średnia jądra atomu jest rzędu  $10^{-13}$  do  $10^{-12}$  cm, podczas gdy powłoka atomu, która decyduje o jego rozmiarach, ma średnicę rzędu  $10^{-8}$  cm.

Wyniki doświadczeń Rutherforda pozwoliły Nielsowi Bohrowi (1913 r.) stworzyć model atomu. Uczynił on przy tym dwa podstawowe założenia: 1) elektrony krążą dokoła jądra po orbitach kołowych, których promień jest ściśle określony; 2) orbity te są stałe i w czasie obiegu po nich elektrony nie promieniają ani nie pobierają energii.

Później założenia te częściowo skorygowano, a ponadto uzupełniono (model atomu Bohra-Sommerfelda).

Przyjęto, że orbity obiegowe mają kształt eliptyczny, a nie kołowy, że nie leżą w jednej płaszczyźnie, lecz



mają orientację przestrzenną, że każda orbita może być zajęta jedynie przez określoną maksymalną liczbę elektronów i że elektrony wykonują prócz ruchu okrężnego ruch obrotowy dookoła własnej osi (tzw. spin). Takie dodatkowe założenia były niezbędne do wyjaśnienia pewnych prawidłowości. występujących w widmie promieniowania atomów. Stan elektronów w atomie określają cztery liczby, zwane kwantowymi.

Różnym powłokom elektronowym atomu odpowiada określona energia i dlatego zwa je również poziomami energetycznymi. Poziomy te mają ustalone oznaczenia literowe K, L, M, N, O, P i Q, przy czym K dotyczy powłoki najbliższej jądra atomu, Q — najodleglejszej. Obsadzenie poszczególnych powłok elektronami zwiększa się w miarę przechodzenia od pierwiastka najbliższego (wodoru) ku pierwiastkowi najcięższemu (uranowi). Na podstawie chemicznych właściwości pierwiastków i układu okresowego Mendelejewa, W. Kossel (1916 r.) określił maksymalną dopuszczalną liczbę elektronów, wypełniających daną powłokę. Powłoka K może zawierać najwyżej 2 elektrony, powłoka L — 8 elektronów, powłoka M — 8 lub 18, powłoka N — 8, 18 lub 32 itd. Powłoka zewnętrzna, tj. najbardziej oddalona od jądra atomu — 8. Powłoka ta decyduje o chemicznej wartościowości (walencyjności) pierwiastków i zwa się powłoką wartościowości lub walencyjną; jej elektrony zwa się elektronami walencyjnymi.

Istnieje możliwość wytrącenia atomu ze stanu równowagi energetycznej przez doprowadzenie energii z zewnątrz, np. wskutek zderzenia się swobodnego elektronu pochodzącego z zewnątrz z jednym z elektronów związanych w atomie. W takich warunkach więc elektronu w atomie może ulec osłabieniu i elektron ten może być przetrzucony z właściwej orbity na jedną z orbit dalszych od jądra. Taki stan atomu nazywamy wzbudzeniem. Stan wzbudzenia atomu nie jest trwały. Zazwyczaj już po upływie bardzo drobnego ułamka sekundy średnio rzędu  $10^{-8}$  elektron powraca na właściwą sobie orbitę. Atom oddaje przy tym pochłoniętą podczas wzbudzenia energię kinetyczną w postaci promieniowania.

Według teorii Bohra-Sommerfela, przejścia elektronu z jednej orbity dozwolonej na inną powoduje wypromieniowanie lub pochłonięcie pewnej porcji energii zwanej fotonem (kwantem energii). Emisja promieniowania zachodzi wówczas, gdy elektron przechodzi z orbity o większej energii na orbitę o mniejszej energii, absorpcja następuje wówczas, gdy elektron powraca z orbity o mniejszej energii na orbitę o większej energii. Częstotliwość tego promieniowania  $\nu$  wyznacza wartość energii fotonu  $h\nu$  ( $h$  — stała Plancka) i, pośrednio, dozwolone orbity powłok elektronowych, które związane są z wartościami całkowitej energii atomu. Jeżeli energia przekazywana elektronowi jest mniejsza od różnicy energii dwóch sąsiednich orbit, przejście elektronu nie nastąpi, ponieważ pośrednie wartości energii elektronu między orbitami są dla niego zabronione.

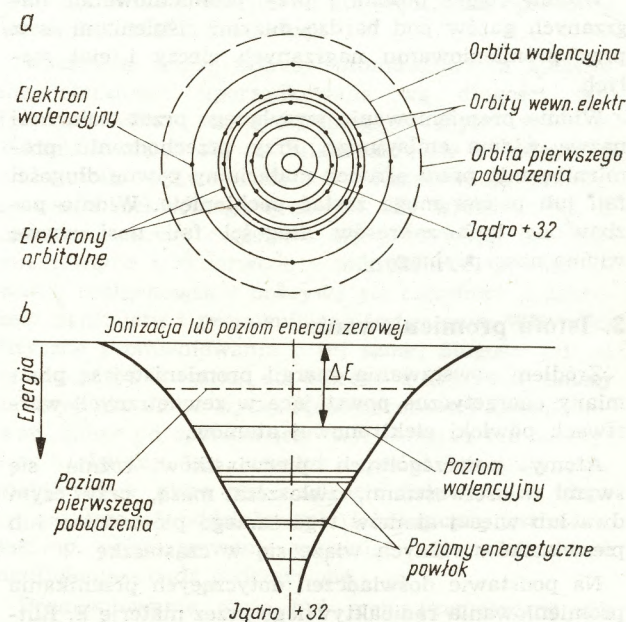
Jeżeli elektronowi udzielić większej porcji energii, może on wyjść z pola działania sił wewnątrzatomowych i stanie się elektronem swobodnym. Atom pozbawiony elektronu bądź też mający dodatkowy elektron jest atomem zjonizowanym. Stan jonizacji jest procesem nietrwałym. Proces zubożenia atomu zjonizowanego nazywany jest rekombinacją.

Najłatwiej następuje jonizacja w skrajnej powłoce (tzw. powłoce walencyjnej), której elektrony są najslabiej związane z jądrem atomu. Gdy atom obojętny utraci jeden ze swych elektronów, wówczas jeden z dodatnich ładunków elementarnych jego jądra przestaje być neutralizowany ujemnym ładunkiem elektronowym i zaczyna przejawiać się na zewnątrz. Mówimy, że atom został zjonizowany, że przekształcił się w dodatni jon — jednowartościowy, gdy utracił jeden elektron, dwuwartościowy — gdy miała miejsce utrata 2 elektronów itd. Na skutek działania elektrostatycznych sił przyciągających jon nie jest tworem trwałym, lecz dąży do jak najrychlejszego połączenia się z jonem przeciwnego znaku (tj. takim, który ma 1 elektron w nadmiarze), bądź też z obojętnym atomem lub cząsteczką, o ile nie stoi temu na przeszkodzie jakieś zewnętrzne oddziaływanie (np. działanie pola elektrycznego, które nada mu inny kierunek ruchu). Również elektron, oddzielony w wyniku działania bodźca zewnętrznego od atomu, istnieje samodzielnie w normalnych warunkach bardzo krótko: w ciągu drobnego ułamka sekundy łączy się on pod wpływem przyciągania elektrostatycznego z innym dodatnim jonem lub — częściej — obojętnym atomem albo cząsteczką i wytwarza jon ujemny.

Na rys. 4 przedstawiono orbitalny model atomu i układ jego poziomów energetycznych. Położenie linii poziomych odpowiada poziomom energetycznym poszczególnych powłok elektronowych. Na rysunku poziom wzbudzenia atomu odpowiada energii elektronów wzbudzonych w wyniku energii promieniowania, bądź w wyniku ruchów cieplnych atomu.  $\Delta E$  oznacza energię jonizacji atomu.

Rozpatrując możliwość wyrażenia doświadczalnych krzywych dla promieniowania ciała czarnego za pomocą formuł matematycznych, Max Planck musiał przyjąć hipotezę, że cząsteczki materii, z których zbudowane jest ciało czarne, mogą oscylować pod wpływem dostarczonej energii.

Tak rozumiane cząsteczki-oscylatory będąc źródłem energii o wysokiej częstotliwości mogą generować



Rys. 4. Orbitalny model atomu  
a) powłoki elektronowe, b) wykres poziomów energetycznych



energię tylko w całkowitych wielokrotnościach jednostkowej ilości energii  $E$  — kwantu energii. Na podstawie badań spektroskopowych Bohr potwierdził hipotezę Plancka odnośnie do serii widmowych pierwiastków.

Znany z mechaniki klasycznej model elektronu jako „naładowana kulka” nie wystarcza dla opisu zjawisk oddziaływania elektronu z jego otoczeniem. Stosownie do stwierdzonego dualizmu korpuskularno-falowego, na gruncie mechaniki kwantowej elektron traktowany jest jako „paczka falowa”. Taki model elektronu stanowi zbiór fal o różnej częstotliwości i amplitudzie, przy czym obszar, w którym fale te przecinają się, tworzy rdzeń elektronu. W zjawiskach, gdzie otoczenie elektronu ma wymiary porównywalne z jego wymiarami, elektron zachowuje się jak fala elektromagnetyczna; w zjawiskach gdy otoczenie elektronu jest bardzo duże w porównaniu z jego średnicą — zachowuje się jak korpuskuła.

Heisenberg określił zależności między parametrami widma promieniowania i poziomami energetycznymi atomu za pomocą rachunku macierzystego, do którego nie można dostosować żadnej poglądowej interpretacji.

Inną drogę wybrali Louis de Broglie (1924 r.) i Erwin Schrödinger (1925 r.), którzy do rozwiązania problematyki atomu zastosowali zasady mechaniki falowej. Podstawy obu teorii są identyczne. Przez odpowiednie operacje matematyczne rozwiązanie na gruncie mechaniki macierzowej daje się przekształcić w rozwiązanie mechaniki falowej.

Z pojęciem cząstki materialnej skojarzyli oni pojęcie fali nazwanej falą materii i za pomocą tego pojęcia starali się wyjaśnić rozkład cząsteczek w przestrzeni. Ich teoria ma uzasadnienie doświadczalne w zjawisku ugięcia elektronów przy przechodzeniu przez cienkie warstwy metali lub przy odbijaniu się od powierzchni kryształów.

Równania mechaniki falowej zastosowane do opisu ruchu elektronu znajdującego się w polu sił centralnych pozwalają m.in. na ściśle określenie poziomów energii dozwolonych i wzbronionych w modelu atomu Bohra-Sommerfelda.

W przypadku np. atomu wodoru (kulista symetria układu) równanie Schrödingera opisujące oddziaływanie elektronu i jądra daje rozwiązanie w postaci czterech liczb kwantowych, które całkowicie wyznaczają stan elektronu w atomie. Cztery liczby kwantowe wyznaczające całkowicie stan elektronu dowolnego atomu, przyporządkowane są w odpowiedni sposób poszczególnym elektronom powłoki elektronowej. Obowiązująca tu tzw. zasada wyłączości Pauliego która głosi, że w powłoce elektronowej atomu nie mogą się znajdować dwa elektrony o jednakowych wartościach wszystkich liczb kwantowych, pozwala na ustalenie budowy powłok elektronowych atomów i zanalizowanie całego układu periodycznego pierwiastków.

Według mechaniki falowej atom jest tworem przestrzennie drgającym. Drgania takie możemy wyobrazić sobie jako fale stojące tj. nie rozchodzące się w przestrzeni, gdy atom nie promieniuje energii. Rozkład tego rodzaju fal zmienia się regularnie wraz z odległością elektronu od środka atomu, określając jednocześnie stopień prawdopodobieństwa znalezienia w danej odległości elektronu. Na tym polega główna róż-

nica między modelem atomu Bohra a ujęciem falowo-mechanicznym: o ile według poglądu Bohra elektron krąży po określonym zamkniętym torze, zajmując w każdej chwili dokładnie wyznaczalne położenie, o tyle mechanika falowa ustala jedynie prawdopodobieństwo położenia elektronu w danym punkcie, a dokładne określenie jego miejsca w przestrzeni zastępuje pojęciem „paczki falowej” zagęszczonej w tych miejscach, w których prawdopodobieństwo położenia elektronu jest największe.

Foton jest scharakteryzowany jako cząstka następującymi równaniami:

$$\text{energia fotonu } E_f = h \cdot \nu \quad (2)$$

$$\text{pęd fotonu } p = mc = \frac{h \cdot \nu}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{E_{fot}}{c} \quad (3)$$

gdzie:

$\nu$  — częstotliwość,  
 $\lambda$  — długość fali światła,  
 $h$  — stała Plancka,  
 $E_{fot}$  — energia fotonu,  
 $c$  — prędkość światła.

Równania powyższe wiążą energię i pęd, tj. właściwości korpuskularne z częstotliwością i długością fali, a więc typowymi właściwościami falowymi. Różnica między fotonem a zwykłą cząstką materii polega jedynie na tym, że foton nie ma masy spoczynkowej.

Wg hipotezy de Broglie'a właściwości falowe cząstki o energii  $E$ , masie  $m$  i prędkości  $v$  są scharakteryzowane analogicznie jak w przypadku fotonów:

$$v = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h} \quad \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{V \cdot m} \quad (4)$$

Np. dla elektronu ( $m = 9,1 \cdot 10^{-28}$  g) o energii 100 eV \*) ( $v = 5,9 \cdot 10^6$  m · s<sup>-1</sup>), długość fali materii elektronu wynosi  $\lambda = 1,2 \cdot 10^{-10}$  m, a więc ma wartość rzędu długości fal rentgenowskich.

Zgodnie z prawami mechaniki klasycznej, pomiędzy elektronem (traktowanym jako cząstka o masie  $m$ ) o ładunku  $e$  krążącym po orbicie kołowej i promieniu  $r$  z prędkością  $v$  oraz ładunkiem jądra ( $Z$ ), w atomie o liczbie atomowej  $Z$  działają dwie siły:

- siła przyciągania elektrostatycznego:  $AZe^2/r^2$ ,
- siła odśrodkowa:  $mv^2/r$ ,

które są sobie równe, tzn.:

$$\frac{Aze^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (5)$$

Ponieważ zgodnie z postulatami Bohra elektrony krążące wokół jądra po stałych orbitach kołowych (tzw. orbity dozwolone) nie wypromieniowują energii, więc długość takiej orbity powinna wynosić całkowitą wielokrotność długości fali materii  $\lambda$  krążącego elektronu, tzn.

$$2\pi r = n \cdot \lambda \quad (6)$$

gdzie  $n = 1, 2, 3, \dots$  Wówczas drgania elektronu tworzą tzw. fale stojące, czyli układ trwałych drgań stacjonarnych.

\*) Jeden elektronowolt (1eV) jest to energia, jaką uzyskuje elektron (1e), jeżeli zostaje przyspieszony pod wpływem napięcia 11V. Ponieważ  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  A.S, stąd 1 eV =  $1,602 \cdot 10^{-19}$  J.



Z równania (4) określającego długość fali cząstki materialnej mamy:

$$2\pi r = n \frac{h}{mv} \quad (7)$$

Rozwiązując układ równań (5) i (7) oraz podstawiając  $A = 1/4\pi\epsilon_0$  oraz  $\epsilon = 1$ , otrzymamy całkowitą energię elektronu  $E$  jako sumę energii kinetycznej ( $mv^2/2$ ) i potencjalnej ( $-Ze^2/4\pi\epsilon_0 r$ ), czyli:

$$E = -\frac{Z^2 e^4 m}{8 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (8)$$

Dodatnia liczba całkowita  $n$  nazywa się główną liczbą kwantową i określa orbitę, na której znajduje się elektron. Dla orbity najbliższej jądra ( $n = 1$ ) elektron ma najmniejszą energię. Ze wzoru (8) wynika, że energia całkowita elektronu może przyjmować jedynie wartości nieciągłe (skwantowana energia elektronu w atomie), zwiększające się proporcjonalnie do  $1/n^2$ . Tak np. dla pierwszej, drugiej i trzeciej orbity, ze wzoru (8) otrzymujemy:

$$E_1 \approx -13,6 \text{ eV}, \quad E_2 \approx -3,4 \text{ eV}, \quad E_3 \approx -1,5 \text{ eV itd.}$$

Jeżeli całkowita energia elektronu jest większa od zera (elektron został wytracony z atomu), wówczas może on przyjmować dowolne wartości energii, nie tylko skwantowane. Najmniejszą energię potrzebną do usunięcia elektronu walencyjnego (najbardziej zewnętrzna orbita w atomie) nazywa się energią jonizacji. Tak np. energia jonizacji dla atomu wodoru nie pobudzonego wynosi  $-13,5 \text{ eV}$ .

Jeśli elektron absorbuje ilość energii mniejszą od energii jonizacji, wówczas przechodzi z orbity o mniejszej energii  $n_1$  na orbitę o większej energii  $n_2$ . Następuje wtedy tzw. zjawisko pobudzenia. Emisja promieniowania następuje w przypadku przeciwnym, tj. gdy elektron powraca z orbity o większej energii na orbitę o mniejszej energii. W stanie wzbudzonym atom przebywa na ogół bardzo krótko (rzędu  $10^{-8} \text{ s}$ ), emitując w wyniku emisji spontanicznej foton

o energii  $E_{\text{fot}}$ , którą można określić na podstawie równań (8) i (3):

$$E_{\text{fot}} = E_2 - E_1 = h \nu = \frac{Z^2 e^4 m}{8 \epsilon_0^2 h^3} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (9)$$

gdzie  $n_1$  — orbita poziomu podstawowego,  $n_2$  — orbita o większej energii. Z wyrażenia (9) można obliczyć częstotliwość (długość) emitowanej fali elektromagnetycznej (linia widmowa). W wyniku emisji spontanicznej uzyskujemy promieniowanie niespójne.

Atomy o dwóch lub większej liczbie elektronów mają znacznie więcej możliwości tworzenia różnych stanów energetycznych.

W wyniku powyższego bardziej złożone atomy mają więcej niż jedną serię poziomów energetycznych. Nie każde międzypoziomowe przejście elektronów musi powodować powstanie linii widmowej: dozwolone są jedynie przejścia do poziomów przyległych (sąsiednich) serii — tzw. reguła wyboru. Może więc wystąpić taka sytuacja, że elektron nie ma sposobności przeskoczyć na najniższy poziom energetyczny, ponieważ w sąsiedniej serii energetycznej on nie występuje (przejście wzbronione). Taki stan energetyczny atomu określamy jako stan metatrwały. Atom wprawdzie jest wzbudzony energetycznie, tj. ma pewien nadmiar energii, istnieje jednak bardzo małe prawdopodobieństwo, że nadmiar ten wypromieniowuje w postaci fotonu. Gdy taki atom w stanie nietrwałym tzn. o długim czasie życia poddać działaniu promieniowania o odpowiedniej częstotliwości  $\nu$  takiej, że kwant energii  $h\nu$  odpowiada przejściu elektronów w atomie pobudzonym na najniższy poziom energetyczny  $E_2 - E_1$ , wówczas może dojść do tzw. emisji wymuszonej i powstania promieniowania spójnego (monoenergetycznego i zgodnego w fazie). W tym przypadku emisja dominuje nad absorpcją, gdyż licznie są obsadzone elektronami wyższe poziomy energetyczne, w wyniku czego każde przejście 1 elektronu na niższy poziom powoduje powstanie 2 fotonów.

## Z zagranicznej literatury fachowej

Chan Ch. D.: Poedznaja radiosvjaz' na novych liniach FRG. **Radiołączność pociągowa na nowych liniach RFN**. Żeleznje Dorogi Mira 1985 nr 9 s. 48—50, 3 fot.

Przedstawiono główne etapy projektowania oraz charakterystykę linii kolejowych RFN, wyposażonych w radiołączność pociągową. Radiołączność pociągowa zapewnia przekazywanie informacji między pociągami i posterunkami ruchu, łączność telefoniczną dyspozytora pociągowego z dyżurnymi ruchu oraz maszynisty lokomotywy z głównym konduktorem.

Technologia obsluzivania ustrojstv. **Technologia obsługi urządzeń zrk**. Avtomatika Telemechanika i Svjaz' 1985 nr 8 s. 15—17.

Omówiono obsługę baterii akumulatorów stacyjnych oraz zespołu zasilania rezerwowego (agregatu spali-

nowo-elektrycznego). Szczegółowo omówiono: przegląd i czyszczenie ogni w baterii akumulatorów, sprawdzenie poziomu elektrolitu, sprawdzenie gęstości elektrolitu, pomiar napięć na ogniach oraz w odniesieniu do agregatu: sprawdzenie stanu agregatu, sprawdzenie tablicy agregatu wraz z osprzętem automatycznego rozruchu oraz sprawdzenie pracy agregatu pod obciążeniem.

Maksjutov F. K.: Indikator dlja obnarużenija poljusov v cepjach postojannogo toka. **Wskaźnik do określania biegunów w obwodach prądu stałego**. Avtomatika Telemechanika i Svjaz' 1985 nr 9 s. 42, 2 rys. 1 tab.

Opisano wskaźnik stosowany przy regulacji i utrzymaniu obwodów elektrycznych prądu stałego urządzeń srk. Przedstawiono schemat ideowy przyrządu oraz opisano szczegółowo zasadę jego działania. Podano



wykaz elementów urządzenia wraz z ich parametrami. Omówiono sposób wykonania poręcznej obudowy testera.

Computer guides drivers to efficiency. **Komputer kieruje maszynistą w celu zwiększenia efektywności.** International Railway Journal 1985 nr 7 s. 32

Opisano nowy system prowadzenia pociągu wprowadzony w Pld. Australii. Komputer pokładowy wyświetla maszyniście komendy: „przyspieszaj”, „trzymaj prędkość x”, „wybieg”, „hamuj”. Komputer wylicza energooszczędny sposób jazdy przy danym rozkładzie jazdy. Obliczenia prowadzone są na bieżąco. Badania wykazały 10—15% mniejsze zużycie paliwa. Koleje Australijskie zakupują dwa prototypy urządzeń do szkolenia maszynistów.

Keyboard control in Milan. **Klawiatura steruje w Mediolanie.** International Railway Journal 1984 nr 8 s. 29, 33, 2 fot.

Przedstawiono nowoczesny system sterowania ruchem kolejowym, zainstalowany przez koleje włoskie na stacji w Mediolanie. System obejmuje klawiatury do nastawiania przebiegów, sygnały światłowodowe i oprogramowanie „Fail-safe”. Omówiono zalety systemu, zasięg sterowania i wyposażenie centrum sterowania. Opisano rozwiązania poszczególnych elementów systemu z uwzględnieniem ich niezawodności m.in. przekaźnikownie, urządzenia zasilania, sygnalizatory.

\* \* \*

Zasygnalizowane w powyższych notkach publikacje, wybrane z zagranicznych czasopism fachowych, mogą być — na żądanie — dostarczone przez Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej Kolejnictwa w COBiRTK Warszawa, ul. Chłopickiego 50, tel. 31-478 w postaci kserokopii lub mikrofilmów za odpowiednią odpłatnością.

Opracowano w BOINTEKol.

#### Piśmiennictwo

- [1] Instrukcja o utrzymaniu urządzeń łączności na PKP E-25, Ministerstwo Komunikacji, Warszawa 1976.
- [2] Radiotelefon 3006-160. Instrukcja techniczna IT-80/3006-160. RADMOR. Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego WEMA, Warszawa 1982.
- [3] Kośnik J.: Badania propagacji fal radiowych w zakresie 150-156 MHz. COBiRTK, Warszawa 1980.
- [4] Kośnik J.: Automatyzacja procesu pomiarowego w badaniu propagacji fal elektromagnetycznych wzdłuż linii kolejowych, PW, Warszawa 1979.
- [5] Koziejew W. W., Gierasimienko W. J.: Zespół pomiarowy radiotelefonu pociągowej z automatyczną obróbką informacji, Automatyka, Telemechanika, Swiaż, Moskwa 12/1985.

# AUTOMATYKA KOLEJOWA

MIESIĘCZNIK TECHNICZNO-GOSPODARCZY

PL ISSN 0137-2858 — Indeks 35192

Rok IX (XXXIII) Listopad 1986

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności  
ul. Kazimierzowska 52, 02-546 Warszawa

UKD:621.396.96:656.21

JERZY JESIONEK — **Eksploatacja i utrzymanie radarowego sterowania hamulcami torowymi (SHT), Automatyka Kolejowa rok IX (XXXII), nr 11/1986, s. 225—228**

Podstawowe parametry SHT. Opis urządzeń wchodzących w skład SHT oraz sposób ich konserwowania. W artykule podano schemat rozmieszczenia urządzeń SHT.

UKD:656.212.5(438-13)

STANISŁAW GÓRAS, JAN MICHALIK — **Uwagi dotyczące modernizacji stacji rozrządowych na przykładzie budowy urządzeń asr na stacji Tarnowskie Góry, Automatyka Kolejowa, rok IX (XXXIII), nr 11/1986, s. 228—235**

Opis zmian konstrukcyjnych wprowadzonych na stacji Tarnowskie Góry. Omówiono takie zagadnienia jak: zmiany i uzupełnienia wprowadzone w budowie pulpitu zintegrowanego, zmiany zastosowane w urządzeniach SNZ-2, działania na rzecz ochrony środowiska naturalnego.

UKD:654.165.001.41

JERZY KOŚNIK — **Badanie parametrów radiotelefonów sieci łączności pociągowej, Automatyka Kolejowa, rok IX (XXXIII), nr 11/1986 r., s. 235—238**

Omówienie podstawowych warunków, którym powinien odpowiadać tester stacji bazowych radiotelefonicznej sieci pociągowej, wybór metody pomiaru parametrów oraz koncepcja budowy urządzenia pomiarowego.

UKD:681.326:654.165

JERZY MACHAJSKI — **Metoda obliczania liczby stacji pulpitu nastawczego usrk systemu E oraz jej wykorzystanie (artykuł dyskusyjny), Automatyka Kolejowa, rok IX (XXXIII) nr 11/1986 r., s. 238—243**

W artykule omówio takie zagadnienia jak: liczba stacji pulpitu generowanych w czasie realizacji pojedynczych przebiegów pociągowych, przebiegów bez zatrzymania oraz przebiegów jednoczesnych.

UKD:535.21:621.37

STEFAN KONARSKI — **Promieniowanie elektromagnetyczne. Część I — Automatyka Kolejowa, rok IX (XXXIII), nr 11/1986 r., s. 243248**

Istota i rodzaje promieniowania.



# Z KART HISTORII KOLEJNICTWA

## Ostatnie „choinki”

Początek XX wieku upłynął w kolejnictwie niemieckim m.in. pod znakiem prób zastosowania trakcji elektrycznej w ruchu dalekobieżnym przy prędkościach rzędu 150 km/h. Do celów eksperymentalnych wybrano linie Dessau — Bitterfeld o profilu równinnym oraz typowo górski odcinek linii Drezno — Wrocław od Lubania do Jaworzyny Śl. Ze względu na duże natężenie przewozów, trudny profil i górski klimat, doskonale nadawał się on do sprawdzenia funkcjonowania trakcji elektrycznej w ciężkich warunkach.

Przedmiotem prób był nie tylko tabor i różne systemy zawieszenia sieci trakcyjnej, ale także sygnalizacja. W 1925 r. na odcinku Swiebodzice — Sędziszów zainstalowano pierwsze na niemieckich liniach dalekobieżnych semafony świetlne. Ściślej rzecz biorąc, w nowy typ sygnalizacji zaopatrzone kolejne stacje z wyjątkiem Wałbrzycha Fabrycznego i Boguszcza Górców Wsch., gdzie zostały tradycyjne semafony kształtowe. Nowe semafony różniły się od obecnych nie tylko budową (maszt kratownicowy, inny kształt tarczy tłowej, bezbarwne soczewki paraboliczne i płaskie filtry barwne zamiast 2 soczewek Fresnela) i sposobem zasilania, ale także systemem sygnalizacji. W odróżnieniu od obecnie stosowanej sygnalizacji prędkościowej stosowano w nich tzw. sygnalizację kierunkową, spotykaną jeszcze na sieci PKP. Jej zasady przedstawiają się w skrócie następująco: semafor podaje sygnały „jazda na wprost” (jedno światło zielone), „jazda na zboczenie” (dwa światła zielone), „stój”, nie dając natomiast żadnych informacji o obrazie na semaforze następnym. Służy do tego umieszczona na tym samym maszcie tarcza ostrzegawcza z oddzielną lub połączoną z semaforem

tarczą tłową, o komorach ułożonych w kształcie rombu. Sygnał „stój” na semaforze jest poprzedzany na tarczy 2 światłami pomarańczowymi, sygnał „jazda na wprost” — 2 zielonymi, „jazda na zboczenie” — 2 pomarańczowymi i 1 zielonym. Na jednym maszcie mogło więc być zapalonych równocześnie aż 5 światel, co uzasadnia stosowaną przez kolejarzy nazwę „choinki”. Ciekawostką jest fakt, iż każdy semafor był wyposażony w 2 komory światła czerwonego (1 awaryjna). Obecnie stosuje się 2 żarówki w 1 komorze.

Całkowita nietypowość „choinek” sprawiła, że przy okazji modernizacji stacji zaczęto je wymieniać na semafony znormalizowane. Najwcześniej, już w połowie lat 60 zniknęły one z Wałbrzycha Gł., Szczawienka i częściowo Wałbrzycha Miasta. Następnie zdemontowano w 1982 r. w Boguszowie Górcach Zach., a w roku następnym przyszła kolej na semafony z Witkowa. Latem tego samego roku „wycięto” 4 pozostałe „choinki” w Wałbrzychu Mieście, a 28 grudnia zgasły na zawsze wysłużone semafony ze Swiebodzic. Wiek 60 lat przekroczyło tylko 5 semaforów i 3 wolno stojące tarcze ostrzegawcze z Sędziszawia. Po ich zdemontowaniu, przewidzianym w toku modernizacji stacji na rok bieżący, trafią do warszawskiego Muzeum Kolejnictwa. Wtedy na sudeckim szlaku zostaną po nich tylko wspomnienia. A trzeba dodać, że tutejsi maszyniści wspominają je z sympatią, chwając ich dobrą widzialność i czytelny obraz. Miały one także swoje kaprysy, np. przy spadku napięcia mrugały wszystkimi światłami (a mogło ich być aż 11!) niczym prawdziwe choinki.

Michał Jerczyński